



**Klaus Gierhake (Ed.)**

## **Desafíos científicos**

**Ciencia aplicada e innovación social**

Klaus Gierhake (Ed.)

## **Desafíos científicos**

**Ciencia aplicada e innovación social**

El caso de sistemas agroforestales dinámicos en  
Cochabamba, Bolivia

Gießen University Library Publications

2020

### **Los autores principales:**

**Dr. Klaus Gierhake**, geografo con 35 años de experiencia en América Latina, trabajando muchos aspectos de Geografía Aplicada en todos los países hispanos. El tema de “innovación social” ha profundizado sobre la base de una estadia post-doc, financiado por el Gobierno del Ecuador. Email: gierhake@gmail.com

**Dr. Noemi Stadler-Kaulich**, desde hace 20 años investiga, asesora y enseña la agroforestería en Mollesnejta - Instituto de Agroforestería Andina, ubicada en el Valle de Cochabamba. Con el fin de difundir los resultados obtenidos en agroforestería y para lograr condiciones favorables para la implementación de parcelas agroforestales, en 2008, conjuntamente con Mauricio Azero, ha iniciado la red Espacio COmpartido en Sistemas AgroForestales (ECOSAF), que cada dos años organiza un congreso sobre este tema. Email: nstadlerkaulich@gmail.com

**Mauricio Azero Alcocer**, Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional del Sur, Argentina), con estudios de postgrado en Brasil, Chile y España. Docente investigador en el área de ciencias del suelo y agroecología, en la Universidad Católica Boliviana San Pablo y Universidad Simón I. Patiño. Miembro del directorio y post coordinador nacional de la Red ECOSAF. Ha realizado estudios sobre diferentes aspectos del impacto ambiental y social de ecosistemas agroforestales de zona seca; y publicado varios artículos y capítulos de libros en esa temática. Email: mauricio.azero@gmail.com

Foto en la carátula: Axel Rimaneck

Autores de las fotografías: S.26: Grissel Bolivar, S.84 (oben): Patrick Reyes, S.84 (unten): Nauricio Azero, S.120: Axel Rimaneck, S.160, 172 und 227: Mauricio Azero, S.266: Noemi Stadler-Kaulich, S.294: Klaus Gierhake

Giessen University Library Publication

ISBN: 978-3-347-15316-5

Editiorial e imprenta: tredition GmbH, Halenreihe 42, 22359 Hamburg

## Inhaltsverzeichnis

<i>Klaus Gierhake / Mauricio Azero</i>	5
Conocimiento local como factor para el desarrollo sostenible – un marco general	
<i>Klaus Gierhake / Mauricio Azero / Noemi Stadler-Kaulich</i>	15
Geografía aplicada – una propuesta para construir un marco de investigación flexible	
<i>Klaus Gierhake</i>	27
Actores Institucionales y sus Responsabilidades para el Manejo de los Recursos Naturales en olivia	
<i>Klaus Gierhake</i>	85
El "Desarrollo Alternativo" en el proceso de transformación en Bolivia	
<i>Klaus Gierhake</i>	121
Articulación espacial de la economía regional servicios y comercio como base para una zonificación económica en la zona aledaña sur del Parque Nacional Amboró	
<i>Mauricio Azero Alcocer, Noemi Stadler-Kaulich</i>	161
Caracterización de la zona de estudio	
<i>Cindy Shiomara Herbas García / Mauricio Azero Alcocer</i>	173
Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD) de la zona seca de Cochabamba	
<i>Andrea Arce Alvarez / Mauricio Azero Alcocer</i>	205
Calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos en comparación a sistemas convencionales en el semiárido de Cochabamba – Bolivia	
<i>Jorge D. Saavedra Goytia / Mauricio Azero Alcocer</i>	239
Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes en sistemas agroforestales dinámicos de bioclima xérico	
<i>Noemi Stadler-Kaulich / Alejandro Perteguer</i>	267
La Agroforestería Dinámica y su Yapa - La Madera Rameal Fragmentada y el Biocarbón Activado	
<i>Klaus Gierhake / Mauricio Azero</i>	295
Recomendaciones para un enfoque de sistemas agroforestales bajo la perspectiva de geografía aplicada	



## **Conocimiento local como factor para el desarrollo sostenible – un marco general**

Los valores intangibles comprenden todos los factores que pueden contribuir al valor de un territorio y que representan la base para iniciar un desarrollo sostenible (Bontis / Keow / Richardson, 2000). El total de estos valores intangibles se puede subsumir bajo el concepto de “conocimiento local”. Este “conocimiento local” comprende todas las experiencias y tradiciones que una sociedad ha acumulado en un territorio específico. De esta forma, el “conocimiento local” se perfila como un factor fundamental para el desarrollo de cualquier territorio geográfico.

El tema de delimitar el territorio de forma adecuada representa un aspecto particular entre las diferentes ciencias que tratan, con sus particulares conceptos, delimitar los territorios. Merece mencionarse, que la geografía, como ciencia territorial más reconocida, conoce: territorios administrativos (según límites administrativos, un municipio, una región etc.), territorios naturales (por ejemplo, una cuenca de un río, ciertas asociaciones vegetales como la selva tropical siempre húmeda), territorios funcionales (basadas sobre un concepto de movimientos reales en un territorios, orientadas por ejemplo hacia la satisfacción de necesidades básicas, los lugares de la oferta y las áreas circundantes de la demanda) y, recientemente, territorios “virtuales” (territorios definidos por intereses compartidos, por ejemplo, zonas metropolitanas con problemas de desarrollo). Profundizar este tema concreto, sería asunto de un estudio más específico.

A lo largo de la historia se han ido fortaleciendo tradiciones basadas en el conocimiento local, lo que permitió a la población local, adaptarse en tiempos de emergencias como también en tiempos de un exceso en oportunidades (Westlund / Bolton, 2003). El conocimiento local entendido aquí, comprende, a parte del “know how” tradicional, también factores culturales típicos de una región. Y es que es sobre la base de las tradiciones existentes, que la sociedad respectiva está en condiciones de adaptar conocimientos en el momento de cambios en su entorno. Esto ha llevado a desarrollar ventajas comparativas con respecto a otras regiones y marcar la diferencia en relación con otras regiones y sus respectivas formas de gestión

del conocimiento. De tal manera, los conocimientos locales fortalecen la capacidad de competencia del territorio (Torres Enjuto, 2013). Y en definitiva, permite crear bienestar para la sociedad local.

Es el conocimiento local el punto de partida para un desarrollo sostenible, como lo combinan los aspectos ambientales, económicos y sociales (Placet / Anderson / Fowler, 2005).

Tomando en cuenta que la base del conocimiento local podría contribuir a que las características específicas de un territorio sean más visibles, y al mismo tiempo ayuden a crear indicadores de diferenciación con respecto a otras regiones, este conocimiento local representaría a su vez la base de las ventajas comparativas de la localización territorial. Esto tiene especial importancia a nivel territorial en cuanto las instituciones y sus conocimientos tienen una distancia corta con la población, como por ejemplo a nivel de los municipios (Bontis / Keow, / Richardson, 2000, FEMP, 2011, Westlund / Bolton 2003).

Las investigaciones realizadas en este contexto se concentran casi todos en los países del “Norte”. En relación con Latinoamérica solamente resalta y merece mencionarse una serie de investigaciones realizadas tomando la zona metropolitana de Quito (Ecuador) como ejemplo empírico (Gierhake 2016; Gierhake / Jardón 2015; Gierhake / Jardón 2016; Gierhake / Curiel Ballesteros 2017; Gierhake / Jardón 2017; Gierhake / Jardón 2019; Jardón / Gierhake 2016; Jardón / Gierhake / Martos 2016; Jardón / Gierhake 1017a; Jardón / Gierhake 2017b; Jardón / Gierhake 2019). Si bien es cierto que concretamente el Distrito Metropolitano de Quito muestra diversidades ambientales sorprendentes, en sus zonas centrales se trata de un territorio fuertemente urbanizado, además de ser un municipio con múltiples relaciones internacionales. Las zonas rurales de Latinoamérica carecen de investigaciones parecidas.

Con este re-print de varios trabajos anteriores queremos iniciar la construcción de una base analítica para un territorio rural, concretamente las partes semiáridas de departamento de Cochabamba (Bolivia). Entre las diferentes posibilidades encontradas sobre el conocimiento local, en este trabajo queremos enfocarnos en los sectores de la agricultura bajo una visión de sistema integrado: agricultura-ganadería-forestación. Se abordará, como un ejemplo, los sistemas agroforestales dinámicos implementados por comunidades rurales, a partir del apoyo técnico de una red de

## Conocimiento local como factor para el desarrollo sostenible

instituciones de desarrollo (local, regional, internacional), y monitoreado y evaluado científicamente por instituciones académicas locales.

Si bien es cierto que existe un número considerable de estudios sobre proyectos pilotos a nivel comunal en Bolivia, una relación precisa, con la presencia institucional y las competencias formales e informales, según áreas políticas y niveles de actuación institucional, no fue trabajada.

Esta combinación de puntos de vista diferentes que se ofrecen, por un lado, partiendo de las observaciones empíricas sobre el terreno y, por el otro, basándose en un concepto analítico teórico, trae a nuestro parecer nuevas perspectivas interesantes. Entre otras, responder a las cuestiones:

- ¿Qué actor institucional tiene competencias formales en las áreas de agricultura y forestación o se las reclama?
- ¿En qué áreas de la gestión de la biodiversidad (área política cruzada con función administrativa, véase capítulo „Actores institucionales...“) se concentran muchas instituciones?
- ¿Cómo actúan entre ellas, existen reglas formales o predominan acuerdos informales?
- ¿Hay áreas políticas que no tienen actores institucionales claramente definidos?
- ¿Cómo se traduce el marco general de la planificación y las actividades institucionales del nivel nacional y nivel departamental?
- ¿Cómo utilizar los aprendizajes técnico científicos sobre los sistemas agroforestales, desarrollados por el componente académico, para fortalecer la operación de las redes institucionales relevantes?
- ¿Qué cambios en el sistema biofísico se están llevando a cabo a partir del desarrollo de la agroforestaría?

El enfoque empleado para comprobar el marco teórico mencionado empíricamente es la “ciencia aplicada”, o más precisamente, la geografía aplicada (véase capítulo „Geografía Aplicada“). La misión principal de la ciencia aplicada, de incentivar el diálogo entre investigaciones teóricas y las perspectivas de utilizar aquellos resultados para solucionar problemas en una sociedad, ha quedado muy a menudo en un abstracto. Nadie cuestiona esta perspectiva de una ciencia abierta hacia los problemas cotidianos y sus aportes a darles soluciones, pero lo que suele faltar son experiencias empíricas. Los estudios mencionados sobre el Distrito Metropolitano de Quito representan unos primeros pasos empíricos en este contexto (los trabajos de Gierhake / Jardón y Jardón / Gierhake).

Tomando en cuenta la globalización y los procesos dinámicos de transformaciones territoriales en todos los niveles (desde el municipio hasta el estado nacional), la misión de mantener un diálogo continuo podría tener otro valor añadido. Pues este se presta para conseguir y analizar información importante sobre procesos multifacéticos, lo que podría dar una base para desarrollar/adaptar instrumentos de gestión para procesos de transformación, p.ej. un monitoreo de impacto dentro de los planes de desarrollo.

Considerando los primeros dos niveles territoriales, el estado nacional y la región, se han integrado en este libro artículos publicados hace ya algunos años. Esto podría aparecer como una incongruencia, el trabajar sobre referencias “viejas”. Pero por otro lado justificable, ya que el objetivo de la publicación es sensibilizar en términos generales (a) para la estructura institucional, las competencias formales e informales a nivel nacional y (b) para el marco de la planificación regional, en cuanto a posibles impactos en el nivel municipal y, más precisamente para proyectos agroforestales.

Si bien es cierto, algunas instituciones estatales y no estatales desaparecieron a lo largo del tiempo, la dependencia de ciertas sub-entidades han ido siendo modificadas en el esquema general de la administración pública, nuevas instituciones con mandatos nuevos fueron creadas, la problemática general queda vigente.

Las altas tasas de consultas en bibliotecas electrónicas confirman que el interés en la temática expuesta es constante. Dentro del concepto de las ciencias aplicadas se podría formular el objetivo de esta publicación, el aprovechar la base conceptual existente para actualizar los conocimientos sobre la presencia institucional según áreas estratégicas, mirando específicamente aquellas áreas conectadas con sistemas agroforestales.

Actualmente, se espera que los sistemas agrícolas sean capaces de responder a las distintas necesidades que surgen en el ámbito del desarrollo rural. Por un lado y principalmente, que puedan aportar con alimentos de calidad e ingresos económicos a las familias productoras. Pero adicionalmente, los nuevos sistemas propuestos deben ser capaces de convivir con suelos con elevados niveles de degradación, preferiblemente superando los procesos degradativos y, ojalá, promoviendo su restauración. Finalmente, dado que los efectos del cambio climático son una realidad en la región, es necesario que los nuevos sistemas sean adaptativos a estos nuevos contextos. Se presume que los sistemas agroforestales son sistemas

productivos capaces de cumplir con estos requerimientos (Azero 2018; Krishnamurthy / Krishnamurthy / Rajagopal / Peralta Solares 2017; FAO 2013). Por ello es relevante la realización de estudios en la zona seca de Cochabamba para testear las hipótesis mencionadas, generar información técnico-científica para definir y cuantificar sus aportes, aportar en el mejoramiento del diseño de los sistemas y, finalmente, con todo ello, fortalecer y fomentar la práctica agroforestal.

Como se menciona antes, esta construcción de una propuesta nueva de desarrollo rural local, la propuesta agroforestal, debe sostenerse en conocimientos previos locales, que le sirvan de cimiento (Delgado y Rist, 2016), y luego continuar en una co-construcción, a partir de un diálogo de saberes (Argueta, 2016) para seguir su desarrollo. De hecho, el enfoque agroforestal resulta en sí una práctica relativamente novedosa en la zona andina, en la actualidad. Si bien se tienen estudios que sugieren que la agroforestería se aplicaba hace cientos de años en la zona del Cuzco (Chepstow-Lusty / Frogley / Bauer / Leng / Boessenkool / Carcaillet / Ali / Gioda 2009; Chepstow-Lusty / Winfield 2000), en la actualidad no se observan resabios sobre conocimientos de agroforestería en la zona andina, al menos boliviana. En este sentido, los esfuerzos por establecer un diálogo intercultural para encarar los problemas de la agricultura actual, resultan de especial importancia. Más en un contexto donde toman cada vez más importancia las luchas por el reconocimiento de los saberes locales para el fortalecimiento de las identidades propias (Argueta, 2016).

Sí resulta evidente que algunos principios de la agroforestería son parte de los saberes locales. Por ejemplo, la práctica de maximizar la biodiversidad como un instrumento de reducir los riesgos climáticos y otros riesgos naturales y sociales, las prácticas de manejo ecológico de la fertilidad del suelo, la asociación de cultivos, el control de plagas a partir del manejo de la biodiversidad, la construcción de microclimas a nivel de parcelas, etc., lo cual resulta en una oportunidad de construir estos diálogos.

A consecuencia de todo lo anterior, además del conocimiento técnico, local y foráneo, es fundamental la participación de los diversos actores en esta construcción. La constitución de redes interinstitucionales se torna esencial en este proceso. En primer lugar, las organizaciones de productores facilitan el proceso de diálogo, adopción y desarrollo tecnológico. El aporte de entidades gubernamentales y no gubernamentales de financiamiento al pequeño propietario es vital dado el elevado costo de implantación de los sistemas agroforestales. Las organizaciones gubernamentales y no

gubernamentales de desarrollo, que acompañen y orienten in situ los procesos de adopción de Sistemas Agroforestales (SAF) son también vitales. Y las instituciones académicas, que lleven a cabo investigaciones y mejoren los diferentes aspectos de estos sistemas, cumplen también una función necesaria. Finalmente, organizaciones que permitan la coordinación entre los diferentes actores son capaces de sinergizar este desarrollo. La mayoría de estas instituciones se evidencian en el caso de la agroforestería cochabambina, constituyendo una rica experiencia.

En el presente documento, se evidencian algunos aportes, más que todo en términos ecológicos, de la práctica agroforestal a los sistemas de vida campesinos de la zona semiárida andina de Cochabamba. Concretamente, se muestran las potencialidades de secuestro de carbono (trabajo de Herbas Barcia y Azero Alcocer), restauración de la calidad del suelo (trabajo de Arce Alvarez y Arce Alcocer), discusión de las relaciones interespecíficas entre especies leñosas diversas en sistemas de alta densidad (trabajo de Saavedra Goytia / Azero Alcocer) y aportes adicionales en términos de manejo de la biomasa leñosa (ramas y troncos de residuos de poda) para mejorar la calidad de los suelos a partir del biocarbono y la madera rameal fragmentada (trabajos de Arce Alvarez / Azero Alcocer; Stadler Kaulich / Perteguer). Estos aportes, todos de naturaleza técnica, son los insumos provistos a partir de una investigación realizada a 10 casos de estudio en la zona mencionada de Cochabamba. Son un aporte técnico para el diálogo entre disciplinas y saberes.

Con esta publicación esperamos encontrar lectores y personas interesadas en un diálogo sobre ciencias abiertas en diferentes niveles:

- (1) Nivel académico
- (2) Nivel regional / departamental
- (3) Nivel municipal
- (4) Nivel de la sociedad civil (ONG's, Fundaciones)
- (5) Nivel de la cooperación internacional

## Conocimiento local como factor para el desarrollo sostenible

(1) A Nivel académico, este libro contribuye a la sensibilización para impulsar investigaciones multidisciplinarias, reconociendo la necesidad de estudios territoriales equilibrados entre bases de las ciencias naturales y las circunstancias socio-políticas y territoriales que definen su uso.

Al mismo tiempo, este libro ofrece un marco concreto de como poder diseñar un programa de ciencias aplicadas y conseguir información empírica para comprobar el marco teórico, y eventualmente poder adaptarlo. Sobre esta base, se podría mostrar como las universidades pueden acompañar, de manera constructiva, los complejos problemas de desarrollo en el contexto de la globalización y, como resultado de esto, estar en condiciones de ofrecer asesoría técnica a las diferentes entidades de la administración pública. Finalmente, a nivel de la enseñanza, los resultados presentados en este libro podrían ser aprovechados como insumos para estudios de postgrado.

(2) A Nivel regional (Departamento): Sobre la base de los resultados publicados en este libro, se puede iniciar un proceso de intercambio, discusión y decisión sobre la cuestión de cómo investigaciones regionales podrían ser aprovechadas para mejorar la base técnica de documentos oficiales de desarrollo. Los gobiernos locales, regionales como municipales, han recibido un número considerable de competencias para gestionar el desarrollo en sus respectivos territorios. Sin embargo, por razones varias no disponen de las capacidades humanas para responder adecuadamente a sus nuevas competencias. Esto, en el peor escenario, podría conducir hacia una pérdida de confianza de la población en los gobiernos descentralizados y una falta de apoyo.

(3) A nivel municipal, contar con ciertos elementos de base técnica para la elaboración de guías que faciliten la comunicación, tanto inter- institucional como con la población.

(4) A nivel de la sociedad civil (ONG's, Fundaciones etc.), apoyar sus procesos de promoción y diseño de sistemas agroforestales en base a datos científicos, y fortalecer el diálogo con el sector académico. Divulgar la información más pertinente en sus áreas de influencia.

(5) A nivel de la cooperación internacional, para la definición de sectores y temáticas a ser incluidas dentro de sus acciones de apoyo al desarrollo rural, la restauración ambiental y la adaptación/mitigación del cambio climático. También para fortalecer el diálogo con el sector académico nacional boliviano.

## **Bibliografía**

Argueta, A. (2016). El diálogo de saberes, una utopía realista. pp 119-136. En: Delgado, F. y Rist, S. (Ed) (2016). Ciencias, diálogo de saberes y transdisciplinariedad. Aportes teórico metodológicos para la sustentabilidad alimentaria y el desarrollo. AGRUCO. 2016. 377 p.

Azero, M. (2018). Elementos para el diseño e implementación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba, Bolivia. pp 7-20. En: Azero, M. (Ed.) Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba, Universidad Católica Boliviana San Pablo y Cooperación Suiza en Bolivia COSUDE, Editorial Kipus.

Bontis, N., Keow, W. C. C., & Richardson, S. (2000). Intellectual capital and business performance in Malaysian industries. *Journal of Intellectual Capital*, 1(1), 85–100. <http://doi.org/10.1108/14691930010324188>

Chepstow-Lusty, A. and Winfield, M. (2000). Agroforestry by the Inca: lessons from the past, *Ambio*, 29, 322–328.

Chepstow-Lusty A. J., M. R. Frogley, B. S. Bauer, M. J. Leng, K. P. Boessenkool, C. Carcaillet, A. A. Ali, y A. Gioda (2009) Putting the rise of the Inca Empire within a climatic and land management context, *Clim. Past*, 5, 1–14.

Delgado, F. / Rist, S. (2016). Las ciencias desde la perspectiva del diálogo de saberes, la transdisciplinariedad y el diálogo intercientífico. pp 35-60. En: Delgado, F. y Rist, S. (Ed) (2016). Ciencias, diálogo de saberes y transdisciplinariedad. Aportes teórico metodológicos para la sustentabilidad alimentaria y el desarrollo. AGRUCO. 2016. 377 p.

FEMP. (2011). Tercer Informe sobre las Políticas Locales de Lucha contra el Cambio Climático. Retrieved September 7, 2014, from <http://www.redciudadesclima.es/uploads/documentacion/85b83cd90c96f36d0042d9d1ac320770.pdf>

FAO. (2013). Advancing Agroforestry on the Policy Agenda: A guide for decision-makers, by G. Buttoud, in collaboration with O. Ajayi, G. Detlefsen, F. Place & E. Torquebiau. Agroforestry Working Paper no. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome. 37 pp.

Gierhake, K. (2016) Metropolregionen – Kooperationen und Zukunftsaufgaben: Diffusion sozialer Innovation im Raum, am Beispiel von Quito (Ecuador), Gießen. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:26-opus-120236>

## Conocimiento local como factor para el desarrollo sostenible

Gierhake, K. / Jardón, C. (2015) Lokales Wissen – ein Faktor für soziale Innovation. Kommunalplanung in Quito (Ecuador), <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:26-opus-117374>

Gierhake, K. / Jardón, C (2016): Territorium und Kreativität – Kommunale Entwicklungspolitik im Metropolitandistrikt Quito (2009 – 2014), Giessen

Gierhake, K. / Curiel Ballesteros, A (2017): Ciudades Creativas en el Pacífico Latinoamericano Latitud Norte 0-20° (Quito-Guadalajara), en: Revista "México y la Cuenca del Pacífico", Universidad Guadalajara, 1 / 2017, p. 51 - 77

Gierhake, K. / Jardón, C. (2017): Indicadores de Territorios Creativos – una Aplicación al Distrito Metropolitano Quito, en: Revista Visión de Futuro / Argentinien, Vol 21, Nr. 1, p. 151 – 171

Gierhake, K. / Jardón, C. (2019): Redes municipales como instrumento para difundir innovaciones sociales: El caso del distrito metropolitano de Quito, en: 'Oikos Polis', Revista Latinoamericana de Ciencias Económicas y Sociales, St. Cruz, Cuaderno 2, S. 1 – 46

Jardón, C. / Gierhake, K. (2016): El conocimiento local como factor de innovación social: el caso del Distrito Metropolitano Quito, en: Jardón, C. / Gierhake, K. / Martos, M.A. (Ed.): Innovación Social y Conocimiento Local en América Latina, Vigo, p. 219 – 262

Jardón, C. / Gierhake, K. / Martos, M.A. (2016): El conocimiento local como fuente de innovación social desde un enfoque territorial, en: Jardón, C. / Gierhake, K. / Martos, M.A. (Ed.): Innovación Social y Conocimiento Local en América Latina, Vigo, p. 2 – 15

Jardón, C. / Gierhake, K. (2017 a): . El conocimiento local como factor de innovación social: en: Revista de Investigaciones Regionales (Asociación Española Ciencia Regional / Universidad de Alcalá), Nr 28, p. 67 - 90

Jardón, C. / Gierhake, K. (2017 b): Conocimiento local y entornos creativos, en: Oikos Polis, Revista Latinoamericana de Ciencias Económicas y Sociales, Vol. 2, Nr. 1, p. 105 – 140, Sta Cruz de la Sierra

Jardón, C. / Gierhake, K. (2019) Conocimiento local en territorios creativos: el caso del Distrito Metropolitano de Quito, Revista Cuestiones Urbanas, Instituto de la Ciudad Quito, Quito, Vol 6 No 1, p. 1 - 35

Krishnamurthy, L. / Krishnamurthy, K. / Rajagopal, I. / Peralta Solares, A. (2017). Can agroforestry systems thrive in the drylands? Characteristics of successful agroforestry systems in the arid and semi-arid regions of Latin America. *Agroforest. Syst.* November.

Placet, M., Anderson, R., & Fowler, K. M. (2005). Strategies for Sustainability. *Research-Technology Management*, Volume 48(5), 32–41. Retrieved from <http://www.ingentaconnect.com/content/iri/rtm/2005/00000048/00000005/art00009>

Torres Enjuto, M. C. (2013). Geografía Económica del conocimiento de la aglomeración metropolitana de Bilbao. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 33(2), S. 179–217. doi:10.5209/rev\_AGUC.2013.v33.n2.43005

Westlund, H. & Bolton, R., 2003. Local Social Capital and Entrepreneurship. *Small Business Economics*, 21(1), pp.77–113. Available at: <http://link.springer.com/10.1023/A:1025024009072> [Accessed January 18, 2017].

*Klaus Gierhake / Mauricio Azero / Noemi Stadler-Kaulich*

## **Geografía aplicada – una propuesta para construir un marco de investigación flexible**

La Geografía Aplicada no debe ser considerada como una sub-disciplina separada de la geografía, sino más bien como un intento de fomentar el diálogo sobre los impactos de la investigación para la solución de problemas públicos como es en el caso de las ciencias naturales (química aplicada, física, botánica, etc.). El principal propósito de este enfoque es aplicar el conocimiento específico sobre un tema particular a un estudio de caso concreto sin caer en un análisis meramente teórico.

Los temas de investigación son dados por la sociedad, más que formulados por un grupo de investigadores. La geografía aplicada puede ser usada en todas las sub-áreas de la geografía, pero parece un enfoque particularmente efectivo en el estudio de las estrategias de planificación. Así, la geografía aplicada no centra su atención en temas como la administración, la economía o la evolución del tráfico. El hecho de que la geografía aplicada no recaiga en métodos ya establecidos es crucial. Mirando más de cerca a los conceptos esenciales de la geografía aplicada, vale la pena mencionar que busca aplicar los conocimientos metodológicos existentes a nuevos objetos. La base de conceptos previos, como las relaciones causa-impacto se mantienen válidas, a pesar de que son posibles y son expectables las adaptaciones al nivel de variables e indicadores. En general, este procedimiento requiere una constante reflexión en: conceptos teóricos existentes – desafíos prácticos – adaptación de conceptos teóricos existentes – y testeo práctico posterior. Es difícil definir un punto específico de logro de metas, de manera ex ante, dado que van surgiendo nuevas preguntas del proceso de investigación. Más aún, es un constante objetivo el desarrollo posterior de los conceptos metodológicos originales.

Basados en la experiencia, se puede asumir que los procesos de cambio territoriales en el “Sud Global” están ocurriendo con una dinámica mayor. El establecimiento de un diálogo entre la universidad y la sociedad civil en términos de impacto y comunicación es importante en este sentido. A través del enfoque que ofrece la geografía aplicada, se pueden observar -y ojalá

resolver parcialmente- problemas básicos en la investigación del desarrollo, tales como la falta de datos detallados y conjuntos de datos comparables de medio término en las mismas unidades territoriales. Sin embargo, últimamente existen pocos ejemplos de análisis sistemáticos que adoptan esta metodología y, de manera similar, hacen falta estudios empíricos de este tipo en países de América Latina.

El concepto de “transdisciplinariedad” ha puesto al día los objetivos de la geografía aplicada con los intentos de adaptar métodos ya conocidos a temas de investigación nuevos. Al mismo tiempo, se debe alentar un diálogo con los políticos. En este sentido, las fronteras entre la ciencia y la sociedad son revisadas y redefinidas y ambas áreas de estudio pueden ser integradas finalmente. La noción de “integración del conocimiento” puede de hecho ser definida como un elemento clave de la “transdisciplinariedad” (Scholz, 2013).

A pesar de las similitudes, la “geografía aplicada” y la “transdisciplinariedad” muestran algunas diferencias: el primero coloca mayor énfasis en la referencia territorial, mientras que el segundo enfoca más en la integración del conocimiento.

Revisando conceptos relacionados con la aplicación, en relación a las fortalezas y debilidades para un proyecto de investigación en el Sud Global, se requiere un número de consideraciones que pueden influir en el resultado de la investigación. El primero de estas consideraciones estratégicas está representado por temas generales, como la innovación social.

La innovación social está basada en las visiones propias de un procedimiento de constantes procesos socio-culturales que parten desde ciertos problemas y que necesitan propuestas concretas para ser resueltos. Como ejemplo se puede mencionar el impacto del cambio climático que lleva a la degradación de suelos y la falta de agua, afectando la población a través de una inseguridad en la producción de alimentos. Aquí, la innovación para producir alimentos, como es la agroforestería adaptada a las necesidades y posibilidades en los valles andinos, puede indicar una solución siempre y cuando estuviera implementada a gran escala. La implementación a escala mayor todavía es la debilidad que se tropieza. A pesar que ha habido esfuerzos concretos, por ejemplo, por parte de la red ECOSAF, de involucrar los gobiernos locales e incluso el gobierno central, hasta el momento no ha

habido la apertura necesaria para apoderarse en la medida necesaria, a pesar que los datos muestran que daría mucho sentido.

La geografía aplicada debería entonces considerar a la innovación social como el punto de partida de la investigación. Por otro lado, la investigación transdisciplinar puede ayudar a mirar más de cerca a los procesos socio-culturales. Aspectos de conocimiento y/o integración de conocimiento en varias instituciones (y en un área geográfica previamente definida) debe entonces transformarse en el foco central, especialmente en el contexto de la difusión territorial de las innovaciones sociales. El presente trabajo demuestra la base actual del trabajo descriptivo en la innovación social en América Latina. Este esfuerzo puede ser considerado como un paso inicial para el desarrollo posterior de este tema en futuras investigaciones.

### *Desarrollo rural y desafíos para la investigación de aspectos territoriales*

Ejemplo: La Geografía Aplicada como una herramienta para resaltar una propuesta de innovación agrícola como es la agroforestería, en Cochabamba, Bolivia.

La metodología de geografía aplicada ofrece un marco interesante para la investigación de nuevos enfoques de desarrollo.

La teoría original de innovación geográfica sirve como una base para un amplio espectro de investigaciones secundarias. La investigación geográfica aplicada se enfoca principalmente en los siguientes aspectos: innovadores – actores de la difusión – actores de la adopción, así como en promover factores y barreras para la difusión de un plan de innovación. El Cuadro 1 muestra los elementos clave de este modelo, y también sirve como una breve descripción de su comprensión tradicional así como su relevancia modificada por la investigación.

**Cuadro 1: El concepto básico del proceso de innovación geográfica y su adaptación a las innovaciones agroforestales en la zona semiárida de Cochabamba, Bolivia.**

**Innovadores:** tradicionalmente instituciones gubernamentales, empresas privadas y ONG's de transferencia tecnológica.

**En este caso:** organizaciones no gubernamentales que promueven la producción agroecológica, cooperación internacional al desarrollo, universidades, agricultores y, en especial, una red de instituciones y practicantes de agroforestería en Bolivia, denominada red ECOSAF (Espacio COMpartido en Sistemas AgroForestales) que tiene la función de promover la producción agroforestal en el país.

**Innovación:** tradicionalmente enfocada en el aspecto económico.

**En este caso:** la innovación agroforestal tiene componentes a la vez sociales, ambientales y económicos.

**Origen de la innovación:** tradicionalmente, se originan en el exterior del país: países vecinos, Europa o Estados Unidos.

**En este caso:** cooperación internacional en Los Yungas, Norte de La Paz, Bolivia, adaptada a la zona seca principalmente por organizaciones no gubernamentales y por agricultores individuales de Cochabamba, agrupadas en la red ECOSAF.

**Actores de la difusión:** tradicionalmente reparticiones del Estado y organizaciones no gubernamentales.

**En este caso:** Red ECO-SAF, Además de la red, existen iniciativas propias de ONG's locales y universidades.

**Actores de la adopción:** tradicionalmente agricultores de mayor escala.

**En este caso:** pequeños y medianos agricultores, apoyados por ciertas las instituciones no gubernamentales locales, el gobierno municipal y universidades que fomentan la agroforestería.

**Canales de comunicación:** tradicionalmente medios de comunicación, municipios, gobernaciones y programas de organizaciones no gubernamentales.

**En este caso:** los canales propios de las organizaciones no gubernamentales y la Red ECO-SAF. Especialmente importantes son los Congresos Nacionales

de Sistemas Agroforestales organizados por la Red ECO-SAF y sus socios. Otros canales son los tradicionales académicos (publicaciones científicas, congresos, publicaciones técnicas, cartillas).

**Barreras:** pocos recursos públicos y un sistema de extensión rural público muy pobre en el país, con carencia de logística suficiente y escaso personal para realizar un acompañamiento técnico a las comunidades campesinas. Con frecuencia, deficiente estructuración y planificación de la difusión.

**En este caso:** escaso acceso a medios de comunicación por parte de las organizaciones no gubernamentales y el sector académico. Dificultad de llegada a las comunidades rurales. La agroforestería no es una práctica incluida dentro de la planificación del estado. Limitado manejo del idioma nativo.

**Resumen:** La investigación es generalmente planificada y desarrollada según las necesidades de los países del Norte Global.

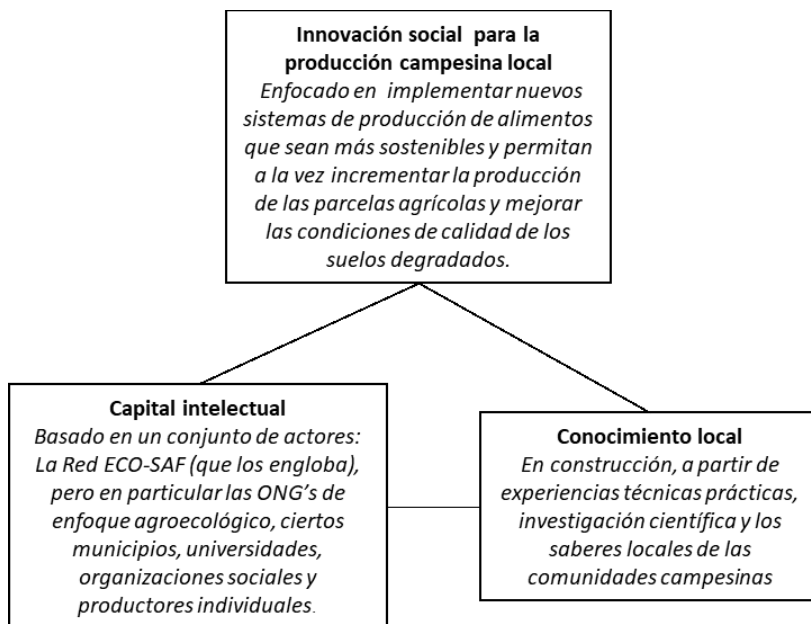
**En este caso:** La idea original se introdujo e impulsó por personeros de la cooperación internacional en la zona húmeda tropical de Bolivia, pero fue importada a la zona seca y desarrollada allí por técnicos de organizaciones no gubernamentales locales y por practicantes, con participación de universidades en el monitoreo y evaluación.

Fuente: elaboración propia.

Para propósitos de investigación, puede ser útil combinar el enfoque de la Geografía Aplicada y uno o más conceptos teóricos específicos: esto ayudaría a ilustrar el diálogo entre la ciencia y la sociedad. Esta estrategia ha sido adoptada en el estudio de los siguientes aspectos, cada uno de ellos relacionados a un diferente aspecto del proceso de innovación geográfica (e.g. Jardón / Gierhake 2016; Jardón / Gierhake / Martos 2016; Gierhake / Jardón 2017):

- **Innovación social,**
- **Capital intelectual,**
- **Conocimiento local.**

Dichos aspectos se describen para el caso de la innovación agroforestal en Cochabamba. Los elementos principales del proceso de innovación se presentan en el siguiente diagrama:



La experiencia aquí indicada se refiere a una nueva propuesta para que productores campesinos de la zona semiárida de Cochabamba, Bolivia, puedan mantener o incrementar sus ingresos provenientes de la agricultura y a la vez restaurar sus parcelas degradadas. La **innovación social** mencionada es impulsada por un conjunto de instituciones locales, no gubernamentales y de ciertos gobiernos municipales, con financiamiento mixto, a la vez de la cooperación internacional, gobiernos municipales y los propios agricultores. La iniciativa trata de la implementación de sistemas agroforestales dinámicos, que consisten en asociar cultivos en callejones con hileras multifuncionales de árboles. La particularidad de estos sistemas es que están constituidos por una diversidad de especies leñosas, que incluyen árboles nativos y exóticos, entre los cuales se tienen especies productivas (frutales, maderables, aromáticas, medicinales, forrajeros,

ornamentales) y especies denominadas acompañantes (especies nativas y exóticas que tienen la función de brindar una estabilidad ecológica al sistema, a partir de la serie de servicios ecológicos que proporcionan) (Azero 2018). Esta construcción particular permitiría aportar a la solución de problemas crónicos de degradación de ecosistemas agrícolas de la zona (Azero 2018; Arce / Azero 2018; Herbas / De la Barra / Azero 2018) que redundan en una disminución sostenida de la producción, la degradación de los suelos, el uso incremental de insumos agrícolas tóxicos, el aumento de los costos de producción y la degradación de la biomasa en la zona, entre otros. Es necesario mencionar también que existen tradiciones andinas, que son importantes por contribuir a la cohesión interna del grupo social, que son también fortalecidas por las prácticas agroforestales. Así por ejemplo, en la región de los Valles Andinos se conoce el *ayni* para agilizar un trabajo duro y al mismo tiempo fortalecer la cohesión social de una aldea o un grupo. Es aplicado tradicionalmente en la situación en que una persona necesita el apoyo de varias otras para lograr un fin de provecho propio/personal, tal como construir una casa o limpiar un terreno para poder sembrarlo. Hoy en día, debido al trabajo remunerado y el tractor, se está perdiendo esta forma de trabajo en común, a favor de una persona o una familia, que más tarde devuelve estos esfuerzos cuando los otros necesitan ayuda. La difusión de la agroforestería hace revivir este concepto de *ayni*, porque la implementación de una parcela agroforestal dinámica es un trabajo pesado. Al realizar el „ayni“ en la agroforestería, es efectuada la transferencia de conocimientos, en un proceso de aprendizaje en común. La aplicación del *ayni* en la agroforestería puede ser denominada también una innovación social por el reencuentro de actuaciones ancestrales que ofrecen una vía hacia un futuro próspero a partir de la producción agrícola.

Es importante considerar que existe una base de **capital intelectual** respecto a la innovación de los SAF en el contexto de la región seca de Cochabamba. Por supuesto este capital se encuentra en construcción, sin embargo, ha permitido ya una acumulación significativa de conocimiento, de formación, de sensibilización y relaciones creadas. En cuanto a **capital humano**, se tiene un conjunto de agricultores de avanzada, con interés y convicción en la agroforestería acumulando experiencia y conocimiento sobre los árboles, en particular sobre la fruticultura. Ellos son apoyados por técnicos e instituciones que tienen experiencia de varios años con sistemas agroforestales y proyectos y financiamientos de corto y mediano plazo, que permiten un acompañamiento inicial suficiente. El éxito de algunas de las experiencias también atrajo la atención de varios municipios, que al

presente apoyan con algunos insumos (plantines de árboles, herramientas) a los productores que inician una actividad agroforestal. El conjunto de estos actores ha desarrollado un saber hacer, que permite la réplica y el mejoramiento de los sistemas nuevos y ya implementados, especialmente en la etapa de la producción agrícola. La debilidad más notable de este sistema es la carencia de un desarrollo tecnológico formal, desde la plantación hasta la venta al consumidor final, y la falta de una estructura de formación en agroforestería a todo nivel: desde la capacitación en la práctica hasta los cursos de formación universitaria a nivel de grado y posgrado. Existe por otro lado un **capital estructural** inicial. Se tienen estudios de evaluación de sistemas agroforestales, con alguna sistematización de las prácticas y valoración, realizadas por universidades locales. Se tiene una base de cultura medioambiental en una porción de agricultores, convencidos de que la tecnología agrícola convencional está agravando el estado de degradación de sus recursos naturales. Las instituciones tienen técnicos con mucha convicción y experiencia de más de una década en la agroforestería. Llevan a cabo procedimientos, más que todo empíricos, bien adaptados a la realidad local. Se tienen establecidas técnicas que pueden ser utilizadas por los practicantes de agroforestería, como es el uso de minerales triturados, bioinsumos para el manejo de plagas y enfermedades, biofertilizantes, uso del encalado, distintos tipos de poda, uso de mantillos, biocarbón, entre otros. Se tienen finalmente parcelas demostrativas agroforestales, tanto en centros de formación como en predios privados, que sirven para recibir a visitantes y transmitirles la innovación. Sin embargo se debe desarrollar este capital estructural aún más, en términos de una tecnología más sólida, fundamentada en investigación científica, y el desarrollo de sistemas de agregación de valor y comercialización para los productos de la agroforestería. En cuanto al **capital relacional**, se han construido redes que trabajan a distintos niveles, e incluyen a agricultores, organizaciones sociales, instituciones no gubernamentales de fomento, niveles de gobierno, centros académicos y la cooperación internacional. Estas relaciones se tienen que fortalecer aún y, más que todo, volverlas más estructurales y permanentes, y no tan dependientes de proyectos y fondos de corto plazo. Finalmente, se tienen que crear relaciones con consumidores urbanos especialmente de productos ecológicos, para facilitar la comercialización y mejorar los ingresos.

Con referencia al **conocimiento local**, al ser una innovación compleja, como se mencionó está aún en etapa de desarrollo. En la región semiárida de Cochabamba, predomina un modelo de producción que combina prácticas de la agricultura convencional moderna con prácticas ancestrales, en una magnitud variable según la zona. Se ha producido en general, sin embargo, una importante erosión de la tecnología agrícola tradicional. La práctica ancestral incluía varios elementos de la agroecología y la agroforestería (manejo de la agrobiodiversidad, manejo de microclimas, enfoque centrado en el suelo, etc.). Esta pérdida ha provocado que no solamente estas prácticas de producción se apliquen muy poco, sino que los agricultores innovadores que inician su práctica de agroforestería, son cuestionados e incluso ridiculizados en las primeras etapas, por agricultores que no comprenden el sentido de utilizar, por ejemplo, asociaciones múltiples de especies e incluir árboles, peor árboles nativos, dentro de las parcelas agrícolas. No obstante, son vistos con interés en las etapas posteriores, cuando comienza la producción. Por otro lado, la cultura andina no es una cultura forestal. Por todo ello es necesario realizar acciones de sensibilización e inducción para iniciar los proyectos de implementación de parcelas agroforestales. Y deben realizarse eventos de capacitación, más que todo para el manejo de las especies leñosas: poda, riego, fertilización, manejo de enfermedades y plagas, cosecha y poscosecha. Además, la agroforestería exige una dedicación constante de parte del agricultor, lo cual afecta las costumbres de migración temporal, características de los agricultores más que todo varones, de la región andina.

La presente publicación incluye en este sentido, una serie de capítulos técnicos, p. 161-235, donde se muestran algunos resultados de estudios que muestran la promisoriedad de la agroforestería como una innovación social, más que todo en el sentido de recuperar los suelos degradados de la región y producir biomasa, que es un aspecto crítico en las zonas secas degradadas. Al mismo tiempo de recuperar esos suelos, la agroforestería permite obtener productos comercializables, de valor similar o superior a los cultivos tradicionales, lo cual no se discute en el presente trabajo. Pero más allá de presentar estos resultados promisorios, la presente publicación pretende abrir la innovación agroforestal, para un análisis más amplio, que incluya aspectos sociales, económicos, culturales, políticos, territoriales, etc., lo cual es un proceso esencial para hacer factible el escalamiento de la propuesta agroforestal.

## **Bibliografía**

Arce, A. / Azero, M. (2018). Evaluación comparativa de la calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos versus sistemas convencionales en el semiárido de Cochabamba, Bolivia. pp 105-132. En: Azero, M. (Ed.) Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba, Universidad Católica Boliviana San Pablo y Cooperación Suiza en Bolivia COSUDE, Editorial Kipus.

Azero, M. (2018). Elementos para el diseño e implementación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba, Bolivia. pp 7-20. En: Azero, M. (Ed.) Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba, Universidad Católica Boliviana San Pablo y Cooperación Suiza en Bolivia COSUDE, Editorial Kipus.

Bernstein, J. H. (2015). Transdisciplinarity: A Review of Its Origins, Development, and Current Issues. *Journal of Research Practice (JRP)*, 11(1), 1–19.

Gierhake, K. / Jardón, C. (2017): Indicadores de Territorios Creativos – una Aplicación al Distrito Metropolitano Quito, in: *Revista Visión de Futuro / Argentinien*, Vol 21, Nr. 1, p 151 – 171

Herbas, C. / De la Barra, N. / Azero, M. (2018). Fijación de Carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos de la zona seca de Cochabamba. pp 21-50. En: Azero, M. (Ed.) Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba, Universidad Católica Boliviana San Pablo y Cooperación Suiza en Bolivia COSUDE, Editorial Kipus.

Jardón, C. / Gierhake, K. (2016): El conocimiento local como factor de innovación social: el caso del Distrito Metropolitano Quito, in: Jardón, C. / Gierhake, K. / Martos, M.A. (Ed.): *Innovación Social y Conocimiento Local en América Latina*, Vigo, p. 219 – 262

Jardón, C. / Gierhake, K. / Martos, M.A. (2016): El conocimiento local como fuente de innovación social desde un enfoque territorial, in: Jardón, C. / Gierhake, K. / Martos, M.A. (Ed.): *Innovación Social y Conocimiento Local en América Latina*, Vigo, p. 2 – 15

Mieg, H. / Töpfer, K. (Ed. - 2013): *Institutional and Social Innovation for Sustainable Urban Development*, London

Scholz, R. (2013): Transdisciplinary, in: Mieg, H. / Töpfer, K. (Hrsg): *Institutional and Social Innovation for Sustainable Urban Development*,

## Geografia aplicada

London, p. 305 - 322 von Rohr, G. H. (1994): Angewandte Geographie, Braunschweig



La Catedral de Cochabamba

*Klaus Gierhake*

# Actores Institucionales y sus Responsabilidades para el Manejo de los Recursos Naturales en Bolivia

Originally published as:

Klaus Gierhake, Mauricio Rivero (2001): Gestión de la Biodiversidad y de los Recursos Naturales en Bolivia.

URN: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:26-opus-6017>

## 1. Introducción

La estructura institucional representa un factor importante en el proceso de la implementación de programas de desarrollo, sobre todo cuando se trata de programas complejos y multisectoriales, como por ejemplo la gestión ambiental. En el contexto de una velocidad impresionante con la cual ocurren los cambios medioambientales en los países trópicos y subtropicales, se requiere decisiones a nivel de las instituciones y de los instrumentos de planificación para intervenir en este proceso, aun cuando no se tengan todos los conocimientos sobre los ecosistemas afectados por los cambios ambientales.

Analizar la distribución de instituciones por áreas estratégicas de la gestión ambiental y funciones administrativas dentro de cada área puede ser entendido como instrumento del „acercamiento rápido“ („rapid appraisal“), la cual permite una serie de decisiones iniciales. Sin embargo, este instrumento enfoca solamente la „estructura orgánica“ („Aufbauorganisation“) de la administración, incluyendo las ONGs y los organismos de la cooperación internacional. Los „mecanismos de funcionamiento“ („Ablauforganisation“), tienen la misma importancia para entender el rol de la administración en el proceso de la gestión ambiental y formular propuestas respectivas pero, para su análisis se requiere instrumentos específicos, pertenecientes sobre todo a las ciencias políticas y la sociología.

En el contexto de este trabajo se concentrará sobre el primer aspecto (véase Capítulo 6), y, sobre la base de los resultados encontrados se han formulado propuestas para investigaciones complementarias por las ciencias mencionadas anteriormente.

Desde las primeras etapas de esta investigación se ha observado un fenómeno importante que ha exigido tomar decisiones estratégicas para la realización del trabajo:

- a) Los países andinos no sólo albergan una alta biodiversidad, sino también han desarrollado una diversidad institucional impresionante, la cual muestra además características de una alta intensidad de cambios (sobre todo en relación con los cambios del gobierno). El número de instituciones encontradas que han reclamado competencias para actividades con un impacto previsible sobre el medio ambiente ha sobrepasado ampliamente las expectativas que se tenía.
- b) Como consecuencia, es conveniente concentrar la investigación sobre los aspectos estructurales de la distribución de competencias administrativas por áreas estratégicas y funciones específicas y renunciar de un objetivo „cuantitativo“, es decir el intento de cubrir todas (casi todas) las instituciones que trabajan en áreas estratégicas relacionadas con la gestión ambiental (véase también Capítulos 5 y 6). Este último aspecto, se ha mostrado no operacional, porque hubiera exigido adaptaciones constantes de la información sobre actividades institucionales. La información presentada se puede calificar como una "foto" tomada en cierto momento. Si bien es cierto que algunos detalles de esta foto pueden ser modificadas en el transcurso del tiempo, no se han cambiado sustancialmente las estructuras principales de administración.

## 2. Bolivia como ejemplo

### 2.1 Bolivia un país “megadiverso”

Bolivia cuenta con una reserva abundante de recursos naturales, tanto renovables como no renovables. Bolivia presenta características ecológicas muy diversas relacionadas con una gama amplia de factores geográficos, fisiográficos y climáticos, las cuales constituyen la base de su biodiversidad muy alta (Ribeira 1992). Su territorio pertenece al reino biogeográfico llamado neotrópico, donde confluyen los Andes, la Amazonía, el Cerrado y el Gran Chaco. El mapa ecológico distingue ocho grandes regiones con un total de cuarenta y dos unidades o formaciones incluyendo extensas reinos antropológicas o degradadas.

Todo esto define una gran variedad de especies de flora y fauna, ecosistemas y formaciones (Arce et al. 1998; WCMC 1992, CADMA 1994). Al mismo tiempo esto significa que no existe homogeneidad en el territorio, que no solo ofrece un espectro muy variado de recursos utilizables, combinado con la variedad cultural propia del país. Sin embargo, no se debe perder la vista que este mismo nivel de diversidad también condiciona un riesgo de una gran fragilidad ecológica.

La biodiversidad representa esta área, que probablemente va a concentrar mucho interés de la economía privada en el futuro. En este sentido merece recordarse, que todavía casi no se dispone de documentación sobre las actividades actuales relacionadas con el aprovechamiento de la biodiversidad. Lo que se sabe son conocimientos parciales, como por ejemplo que dentro de un total de 252 especies de plantas oriundas de la Amazonía con potencial de uso medicinal, se reportaron en el caso de Bolivia la existencia de 84 plantas medicinales potencialmente aprovechables y 34 especies actualmente aprovechadas (Estrella 1995).

Estas cifras probablemente se explican por la demanda para estos productos, fácilmente llegando a niveles más altos en países más poblados. A pesar de todo, varias veces fue reportado de que empresas internacionales están verificando las perspectivas económicas en Bolivia. Aparentemente, no existe conocimiento sobre las cifras reales de esta actividad. Si bien es cierto, que Bolivia avanzó considerablemente adaptando la Decisión 391 del Pacto Andino a las necesidades nacionales (véase Rep.Bolivia 1997 e, f), se explica este déficit por mecanismos de manejo y control no bien desarrollados. Más específicamente, esta área

refleja la falta de definición de competencias precisas entre el nivel nacional y departamental y la necesidad de personal bien calificado.

## 2.2 Formas de uso de los recursos naturales

Actualmente, Bolivia tiene un desarrollo acelerado, basándose sobre los indicadores de la economía nacional, el cual ocasiona cambios en el uso de la tierra en varias partes del país. Como la distribución del ingreso de sus pobladores no es equitativa, revelando diferencias remarcables entre los ámbitos de ciudad y campo, las zonas rurales registran un fuerte éxodo. Específicamente, la parte occidental del país enfrenta un proceso recesivo alarmante.

La situación de pobreza crítica en que se encuentra gran parte de la población se encuentra estrechamente ligada, aunque no exclusivamente, al deterioro ambiental (PNUD 1998). La mayoría de la población rural, no solo tiene una relación íntima con el medio ambiente que la rodea, pero depende en forma directa de estos recursos naturales para su subsistencia.

El impacto de las actividades humanas ha ocasionado profundos cambios en la estructura y composición de los ecosistemas. Procesos de erosión de suelos, remoción de superficies de bosques para fines agropecuarios o extractivos selectivos, quemas incontroladas, sobrepastoreo, actividad minera, apertura de caminos, excavación de canales, perforación de pozos, generación de energía hidroeléctrica, construcción de represas y del gasoducto, contaminación del aire, suelo y agua (Baudoin / España 1997; Rep. Bolivia 1997 g). El desarrollo actual tiende a agotar los recursos naturales y hace necesario encontrar mejores caminos para alcanzar la sostenibilidad. Todas estas tendencias “tradicionales” fueron intensificadas tanto el crecimiento de la economía nacional en general como las medidas de ajuste económico implementados desde 1985. Además, las formas de explotación de los recursos naturales, generalmente una extracción intensiva realizada a corto plazo, representan amenazas serias a la calidad ambiental a medio plazo.

A pesar de todos los cambios logrados por el programa de la modernización, la economía nacional todavía está basada principalmente en el sector primaria. Se puede resumir, que se tiene que tomar en cuenta una relación estrecha entre el crecimiento económico, pobreza existiendo tanto en zonas rurales marginadas desde mucho tiempo como por consecuencia de la estrategia económica del neoliberalismo y, los cambios ambientales visibles en el país.

Basándose en un "enfoque espacial", la conservación y el uso sostenido del potencial de recursos naturales renovables, sólo en las áreas protegidas representa un objetivo decisivo (Marconi 1992, Castaño Uribe 1993).

La incertidumbre sobre el estado legal, sobre requerimientos de manejo y responsabilidades administrativas constituyen un obstáculo alto para realizar cualquier política de protección de espacio y/o de especies. Por lo tanto, no puede sorprender que todas las áreas protegidas no estén aprovechadas económicamente y sufran los impactos respectivos (Gierhake 1998). Esto, a su vez, permite concluir, que se cumplieron solo parcialmente con uno de los objetivos principales de cada política de medio ambiente, la conservación "in situ" de los recursos naturales.

### 2.3 Modernización de la administración

Paralelamente, desde el inicio de los años noventa, Bolivia tuvo un progreso, parcialmente calificado como impresionante, en lo que se refiere al diseño a la implementación inicial de un sistema de la gestión ambiental. Merece mencionarse tanto los avances en el diseño de una base el sistema legal, como las nuevas estructuras establecidas en la administración pública. El país fue entre los primeros en América Latina, instalando un "Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente". (Corro Barrientos 1996, Gierhake 1998, Moscoso 2001).

Sin embargo, parece ser que algunos de estos esfuerzos para instalar un sistema de gestión ambiental multisectorial comenzaron a flaquear. Merece mencionarse como razones sobre todo las siguientes:

- a) Todavía existe una limitada base de información confiable sobre la situación medio ambiental, sobre los factores que causan mayor impacto, sobre las perspectivas reales para un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales en el futuro y las necesidades inmediatas y a mediano plazo de conservación en las diferentes partes del país. Esta situación pone limitaciones para la elaboración de una estrategia de aprovechamiento sostenible y conservación más precisa. Tomando en cuenta el carácter previsiblemente "acumulativo" de los problemas ambientales ya visibles, mejorar la base de conocimientos básicos sobre los ecosistemas, sus formas de uso y los peligros ambientales previsibles, solo representaría un aporte aislado.
- b) Si bien es cierto, que el diseño del marco legal en términos generales puede ser calificado como bueno, requiere ser precisado para asegurar que se logren resultados concretos y positivos a nivel operacional

(Moscoso 2001). Merece mencionarse, entre otros aspectos, que falta aprobar algunas leyes básicas, como por ejemplo la de la Biodiversidad o esta del Ordenamiento Territorial, y, sobre todo, elaborar una serie de Decretos Supremos (Directrices, Normas) para llevar este marco legal existente a un nivel operacional.

- c) Por otra parte, este marco legal que existe debería ser puesto en práctica ampliamente. Para lograrlo, habría que identificar precisamente los actores centrales, y sus intereses particulares en la gestión ambiental.
- d) Analizando todavía más profundamente el aspecto institucional, la disponibilidad de recursos financieros y humanos representa otro enfoque que merece un tratamiento especial. Resumiendo los resultados de otros estudios concluidos, se puede trabajar sobre la base de la hipótesis, que las instituciones centrales para la gestión ambiental dentro de la administración pública, el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (MDSMA) y el Fondo Nacional para Medio Ambiente (FONAMA) no desarrollaron un cuerpo de personal técnico permanente y calificado y, como consecuencia fue sujeto de inestabilidad y una politización (Banco Mundial 1997).

## 2.4 La Convención de la Diversidad Biológica como marco de referencia

Esta convención sin duda representa un avance importante para establecer una base para la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables a nivel internacional. Enfocando su implementación a nivel nacional, dentro del marco de la planificación multisectorial de desarrollo, los artículos 6, 8, 10 y 11 de la convención merecen mencionarse sobre todo:

**Cuadro 1: Artículos importantes para la implementación de la Convención de la Diversidad Biológica a nivel de la planificación nacional de desarrollo**

Art. 6: Se elaborarán estrategias, planes y programas para la conservación y el aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica.

Art. 8: Para la conservación "in situ" se tomarán las siguientes medidas (a) establecer un sistema de áreas protegidas, (b) elaborar lineamientos para el manejo de las áreas protegidas, (c) conservar aquellos recursos, con importancia fundamental para la diversidad biológica, (d) proteger ecosistemas, áreas naturales y poblaciones de especies suficientemente grandes para sobrevivir, (e) promover el desarrollo ecológicamente sostenido en las zonas aledañas a las áreas protegidas, (f) saneamiento de ecosistemas afectadas y protección de especies en peligro, (g) elaborar instrumentos para controlar los riesgos en la implementación de la biotecnología, (h) controlar la introducción de especies exóticas, (j) promover los conocimientos y técnicas tradicionales en el uso de los recursos naturales de las poblaciones indígenas, (k) elaborar los respectivos decretos legales para implementar los puntos mencionados anteriormente.

Art. 10: El aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica debe ser (a) integrado en el proceso de decisiones políticas, (b) compatible con las culturas tradicionales (c) complementado con medidas especiales para la población local.

Art. 11: Se elaborará incentivos económicos y sociales para apoyar a la conservación de la diversidad biológica.

Fuente: UNEP 1992.

Con los primeros pasos para transformar la Convención en actividades políticas y administrativas se prevén las siguientes medidas a nivel nacional:

- (1) elaborar un perfil nacional, recopilando todos los aspectos relevantes para esta temática (p.ej. base de información existente, actividades científicas, formas actuales de uso de los recursos naturales, responsabilidades administrativas, procesamiento de los recursos naturales etc.),
- (2) definir una estrategia nacional y
- (3) concretizar esta estrategia en un Plan de Acción.

Tanto la "Estrategia Nacional," como el „Plan de Acción" deben ser integrados a los instrumentos ya existentes, por ejemplo con los planes nacionales y regionales de desarrollo. Por lo tanto, la Convención exigió claramente que se elaboren aquellos instrumentos de planificación (leyes, decretos, incentivos económicos etc.) que apoyen la implementación de esta Convención a nivel nacional.

Basándose en las experiencias acumuladas en algunos países, se identificaron las estructuras siguientes como favorables para su implementación:

- (a) el marco legal: que se disponga de una legislación ambiental coherente (p.ej.: una ley básica de medio ambiente, decretos respectivos, coordinación entre los diferentes planes sectoriales de desarrollo),
- (b) la estructura administrativa: que exista una institución a nivel del Estado nacional con responsabilidades claramente definidas y apoyo continuo por el nivel político; que se cuente con el apoyo de los gobiernos regionales y sus administraciones respectivas; que existan entidades científicas calificadas, ONGs y competencias definidas para el nivel municipal,
- (c) aspectos conceptuales: que se pongan de acuerdo en los principales niveles de decisión sobre perspectivas claramente definidas para integrar la planificación ambiental en la planificación general del desarrollo económico y social; que se preparen las bases necesarias para una disponibilidad de datos actualizados para su planificación e implementación adecuada,
- (d) el marco socio-económico y socio-político: que exista una base acordada entre los principales actores sobre la tenencia de la tierra, especialmente en lo que se refiere a los reclamos de los indígenas; que se logre apoyo internacional para asegurar la implementación, el uso de los recursos

naturales representa un problema visible y, que la economía privada tenga posibilidades reales de invertir en el proceso del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (IUCN / WRI / UNEP 1995).

### 3. Aspectos principales de la estructura institucional

La reestructuración de la administración pública es uno de los resultados más importantes del proceso de transformación, implementando en Bolivia desde 1985. A nivel del Estado la está compuesta por las siguientes entidades principales: el Presidente de la República, los Ministerios, las Instituciones Públicas, los Servicios Nacionales y una serie de instituciones de regulación y control, instaladas sobre todo en aquellos sectores donde antes trabajaron las empresas estatales, privatizadas en los últimos años. Como gremios de coordinación merece mencionarse las siguientes: el Consejo de Ministros, el Consejo Nacional de Política Económica (CONAPE), el Consejo Nacional de Política Social (CONAPSO), el Consejo Nacional de Lucha contra el Tráfico Ilícito de Drogas (CONALTID) y el Consejo Supremos de Defensa Nacional (CODENA):

Considerando el sector medio ambiente, merece mencionarse como resultados logrados en términos estructurales sobre todo:

- a) a nivel del Estado central: la instalación del MDSMA y la creación de FONAMA.
- b) a nivel del Estado descentralizado: la definición de responsabilidades concretas y de recursos a los niveles departamentales y municipales.

Con la creación del MDSMA se lograron concentrar casi todas las responsabilidades para los aspectos multisectoriales de la planificación ambiental nacional en una sola institución. Como efecto de las reformas administrativas del año 1997 se ha cambiado el nombre del Ministerio (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planeamiento "MDSP"). Las principales estructuras internas fueron modificadas solo parcialmente. Merece mencionarse como consecuencia de esta última reforma administrativa sobre todo la instalación de cuatro Viceministerios (Cuadro 2, DANIDA 1998).

Basándose en las competencias ministeriales para la gestión ambiental, hay que mencionar dos Ministerios más como actores potenciales en este sector: el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural y el Ministerio de Desarrollo Económico.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (MAGDR) concentra aquellas responsabilidades relacionados con el aprovechamiento de los recursos naturales que antes fueron otorgados a los Ministerios sectoriales. Considerando el tema de la gestión ambiental integral, merece mencionarse que este mismo Ministerio tiene la competencia para elaborar los lineamientos generales para aprovechamiento integral de los recursos naturales y la coordinación de las actividades para en desarrollo rural. Considerando que las zonas aledañas de las áreas protegidas, frecuentemente las mismas áreas protegidas también, representan una fuente para que la población se abastezca de recursos naturales y, tomando en cuenta también que las áreas protegidas se encuentran en zonas rurales, las necesidades de coordinación inter-ministerial son obvias,

El Ministerio de Desarrollo Económico (MDE) puede volverse un actor importante para la gestión ambiental también. En esta institución están concentrados las competencias para los sectores hidrocarburos, energía y minería, cada uno con importancia decisiva para la economía nacional. Por otro lado, el aprovechamiento de estos recursos puede tener impactos profundos sobre el manejo de todos los demás recursos naturales renovables de la misma zona. Explotando aquellos recursos del subsuelo en términos espaciales representó una contradicción con la protección de los recursos naturales como suelo, bosque y fauna en la misma zona. Están documentados los impactos provocados por accidentes en la producción petrolera, contaminando ríos y suelos con desechos tóxicos. Sin embargo, la mera exploración petrolera también produce disturbios ambientales.

**Cuadro 2: Las responsabilidades para la gestión ambiental de los Ministerios y Viceministerios más importantes**

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural		
VM de Agricultura y Ganadería	VM de Desarrollo Rural	VM de Explotación Integral de Recursos Naturales Renovables
proponer políticas y normas para el desarrollo agrícola y ganadero	proponer políticas y normas para el desarrollo integral de las áreas rurales	proponer políticas y normas para el procesamiento primario de los recursos naturales renovables
vigilar el cumplimiento de las normas	diseñar políticas contra la pobreza, marginalidad y migración a los centros urbanos	vigilar el cumplimiento de las normas
promover la investigación sobre tecnologías nuevas	coordinar las acciones de todas las entidades de la administración pública para un desarrollo integral de las zonas rurales	promover políticas para el uso racional de los recursos naturales
promover la inversión para el establecimiento de actividades agrícolas y ganaderas	desarrollar un sistema de información con las comunidades	promover políticas para el uso racional y la rehabilitación del suelo
promover la producción agrícola y ganadera para asegurar la seguridad alimenticia	promover políticas y coordinar acciones del desarrollo rural con enfoque a género y medio ambiente (en coordinación con los otros VM)	proponer políticas para el procesamiento de los recursos forestales, silvícolas y piscícolas
reglamentar la sanidad animal y vegetal	promover políticas para la diversificación productiva	promover la investigación y extensión forestal, en coordinación con las Prefecturas

## Gierhake

promover políticas para el establecimiento, expansión y mejoramiento de los sistemas de riego	promover acciones para la seguridad alimenticia	promover la inversión de la industria forestal, así como la comercialización de sus productos
proponer políticas para mejorar el acceso del productor al sistema de créditos y de comercialización		
promover la relación con las organizaciones gremiales, cooperativas, ONG's y otras entidades		
proponer base técnicas para la apertura de mercados externos.		

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación		
VM de Planificación Estratégica y Participación Popular (antes: Planificación, Ordenamiento Territorial, Participación Popular, Fortalecimiento Municipal)		VM de Medio Ambiente Recursos Naturales y Desarrollo Forestal
proponer bases y metodologías para la planificación estratégica, en el marco del desarrollo sostenible y del ordenamiento territorial	proponer políticas y normas para una participación efectiva de la comunidad en el ámbito municipal	proponer políticas y normas para el desarrollo sostenible, articulando crecimiento económico con la conservación del medio ambiente y la biodiversidad
elaborar el concepto del desarrollo sostenible	vigilar el cumplimiento de la Participación Popular	proponer normas técnicas para el control y el uso sostenible de los recursos naturales
coordinar la formulación y aplicación de las estrategias a nivel	apoyar las gestiones de reconocimiento jurídico de las comunidades	efectuar el seguimiento de la agenda

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

nacional, regional y municipal	campesinas y pueblos indigenas	internacional sobre medio ambiente
vigilar la aplicación de las normas de estrategias en todos los niveles	fortalecer los comites de vigilancia ante los gobiernos municipales	clasificar las tierras, evaluar el potencial de recursos forestales, determinar áreas de concesiones
proponer políticas y normas para el ordenamiento territorial y planes de uso de suelo y supervisar su cumplimiento	coordinar la articulación entre prefecturas, sub-prefecturas y municipios	establecer listas referenciales de productos forestales
	proponer los mecanismos para el fortalecimiento institucional municipal	reajustar el monto mínimo de patentes forestales
	formular instrumentos metodológicos y mecanismos operativos para institucionalizar la planificación participativa	controlar áreas protegidas con la perspectiva del uso sostenible y preservación de la biodiversidad y supervisar el funcionamiento del Servicio Nacional de Areas Protegidas
		proponer políticas y normas para el uso sostenible del agua y del suelo
		coordinar, por encargo del Ministerio, la relación del Ministerio con la Superintendencia Agraria y la Forestal

Con la instalación de las Prefecturas en el año 1996 la estructura administrativa y las responsabilidades respectivas de estas instituciones a nivel mediano fueron modificadas sustancialmente (Cuadro 3, y para la estructura anterior Gierhake 1993).

Se establecieron que la administración pública departamental tenga la competencia para planificar todos los aspectos relevantes para el desarrollo departamental, incluyendo el sector medio ambiente.

Dentro de este contexto, se puede trabajar sobre la base de subregiones, en este caso las provincias existentes en cada Departamento. Las experiencias en la planificación sub-regional quedaron limitadas a algunas pocas partes del país. Merece mencionarse para el inicio de los años noventa sobre todo el Departamento de Chuquisaca y, para la segunda mitad de los años noventa, las experiencias acumuladas en el Departamento de Sta. Cruz (Gierhake 1998, 2001 a). Considerando que las dos zonas de estudio de Bolivia para el proyecto "Zonas de amortiguamiento..." quedan en el Departamento de Sta. Cruz, estos últimos de interés para el análisis de instrumentos de planificación y sus efectos sobre la gestión ambiental.

Desde el punto de vista de la distribución sectorial de las competencias administrativas, esta estructura reproduce lo que se conoce del nivel nacional, incluyendo la separación de las competencias para la planificación ambiental multisectorial y la elaboración de los lineamientos para el aprovechamiento de los recursos naturales en dos entidades diferentes de la administración pública. Considerando el aspecto del manejo de la biodiversidad, se lo puede encontrar en varios documentos. Merece mencionarse sobre todo dos, que fueron elaborados después de la aprobación de la Convención de la Diversidad Biológica: el decreto sobre el acceso a recursos genéticos por un lado y, este decreto tratando el procedimiento para trabajar con biotecnología y controlar sus riesgos por otro lado. Se elaboraron un procedimiento preciso para pedir permiso para aquellas actividades, para ejecutarlas y para controlarlas. Además, se definieron las formas para asegurar que instituciones nacionales participen tanto en las actividades técnicas como en la distribución de los ingresos económicos (República de Bolivia 1997 e, f).

**Cuadro 3: Organización estructural de las Prefecturas en Bolivia**

- 1 El Prefecto tiene las competencias siguientes (entre otras): administra los recursos económicos, formular y ejecutar los planes departamentales de desarrollo económico y social, elaborar el proyecto de presupuesto y remitirlo al Consejo Departamental para su consideración y posterior remisión a nivel nacional; promover la Participación Popular; canalizar los requerimientos, gestiones y relaciones de los Gobiernos Municipales; resolver los recursos administrativos que se interpongan con relación a materias de su competencias, designar los Subprefectos;
- 2 Secretaria General: tiene a su cargo la coordinación, seguimiento y evaluación de las políticas, planes y proyectos de la Prefectura, Depende directamente del Prefecto
- 3 Entidades de control: Dirección general de Auditoría, Dirección General de Asuntos Jurídicos, Dirección General de Comunicación Social.
- 4 Ejecución (y los cargos respectivos)
  - 4.1 Secretaria para Desarrollo Sostenible; Planificación de Desarrollo para el Departamento, seguimiento y fiscalización del uso racional de los recursos naturales, preservación del medio ambiente, supervisión de la formulación de los proyectos de inversión pública y formulación del presupuesto departamental,
  - 4.2 Secretaria para Desarrollo Económico: gestión y ejecución de programas, proyectos y acciones vinculados a la promoción del desarrollo económico,
  - 4.3 Secretaria para Desarrollo Humano: desarrollo de la calidad de vida, evaluar la compatibilidad de la administración nacional y departamental
  - 4.4 Secretaria de Participación Popular: implementación de la Participación Popular
  - 4.5 Tesoro Departamental

Todas las entidades bajo 4 dependen de la Secretaria General

Fuente: Rep. Bolivia, La Paz 1995 b

En términos generales se puede resumir que se atribuyeron un papel importante a la administración departamentales la gestión ambiental (Rep. Bolivia 1995 b, 1997 c, 1997 e, 1998 c). Sin embargo, las atribuciones quedaron en un nivel teórico. Las Prefecturas no lograron definir a nivel político su mandato en la gestión ambiental, potencialmente alto revisando la organización básica del Sistema Nacional de Planificación.

A nivel comunal, en el año 1994 se crearon el municipio en todo el territorio nacional. Un año después se precisaron su rol dentro del sistema nacional de planificación (República de Bolivia 1995 a). El mandato general otorgado a los municipios para la preservación del medio ambiente dentro del territorio de su jurisdicción (República de Bolivia 1994 a) consiguió otro alcance, una importancia potencialmente alta, cuando el Decreto Supremo 24833 fue aprobado. Este documento estipula, entre otros puntos, que las organizaciones indígenas deben participar directamente en las ganancias de cualquier actividad relacionada con el aprovechamiento de los recursos genéticos encontrados en su territorio (República de Bolivia 1997 c).

Las ONGs en Bolivia son numerosas y con una rama amplia de actividades diferentes. Considerando este número, en términos logísticos es difícil calificar los trabajos de las ONGs en las áreas diferentes. Desde algunos años se cuenta con un registro nacional para estas instituciones, en lo cual todas las actividades están desglosadas por regiones y sectores sobre la base de una auto-evaluación de las mismas ONGs. Además, se elaboraron, de una manera aparentemente independiente, guías / directorios de instituciones en varios sitios, reflejando la falta de coordinación dentro de este mundo no gubernamental (Min. Hacienda 1998; RDS 1998).

Dentro de esta estructura institucional, que muestra su diversidad impresionante, se puede observar que una buena parte de las ONGs formaron plataformas de trabajo. Analizando las plataformas de ONGs que existen y su miembrecia institucional, esta base de datos permite cuantificar la información. Dentro del contexto de la gestión ambiental merece mencionarse sobre todo LIDEMA (Liga de Defensa del Medio Ambiente) y FOBOMADE (Foro Boliviano de Medio Ambiente y Desarrollo).

Las entidades de la cooperación internacional mostraron una preferencia para colocar sus fondos en proyectos para ciertas áreas protegidas específicas (Banco Mundial 1997; Flores / Grubenberger 1998). Sin embargo, analizando los resultados de los proyectos ambientales realizados hasta ahora, la duplicación de esfuerzos y la falta de coordinación entre los

proyectos de la cooperación técnica internacional (Banco Mundial 1998), esto refleja la necesidad de estudios, enfocando más precisamente las responsabilidades administrativas para la gestión ambiental y sus impactos.

#### 4. Instrumentos de la Planificación

La Constitución define el mandato general del Estado en la planificación de desarrollo. Sin embargo, no se identificó claramente la planificación ambiental como un componente de este mandato general en el momento de aprobar la Constitución (Rep. Bolivia 1994 c).

Si se quiere analizar las perspectivas para la integración del tema medio ambiente en la planificación general del desarrollo, existen dos opciones principales:

- (a) desde el punto de vista de lo que existe como instrumentos en la planificación en Bolivia y cómo estos instrumentos integran la temática medio ambiente y
- (b) considerando lo que fue previsto como etapas para la implementación de la Convención de la Diversidad Biológica a escala nacional.

El Plan General de Desarrollo Económico y Social (PGDES) representa el instrumento central para cualquier actividad de planificación en Bolivia. Este documento está percibido como la elaboración sistemática de lo que exige la Agenda 21 para una estrategia de desarrollo a largo plazo (Miranda Chavez 1997).

La preservación de los recursos naturales y del medio ambiente constituye uno de los ocho objetivos políticos superiores dentro de este Plan (véase Rep. Bolivia 1994 b). Este objetivo incluye como aspecto fundamental asegurar la soberanía nacional sobre la biodiversidad existente en su territorio. Considerando el aspecto instrumental, merece mencionarse que se definió el ordenamiento territorial como instrumento básico para armonizar los intereses diferentes de los actores económicos y sociales relacionados con la conservación y el uso de los recursos naturales.

En términos conceptuales el ordenamiento territorial hizo que se constituyera sobre dos pilares principales, por un lado la planificación de uso del suelo y por otro lado la planificación de la ocupación del suelo. Este último abarca casi todos los factores socioeconómicos conocidos, no siempre estructurado de una manera coherente (Gierhake 1997).

Todos los Departamentos y todos los municipios deben elaborar su respectivo PGDES. El contenido de los PGDES para cada nivel fue precisado en líneas generales por el Sistema Nacional de Planificación.

Sin embargo, hasta ahora se implementó este modelo de planificación multisectorial solo parcialmente. Merece recordarse sobre todo, que faltan experiencias concretas con el ordenamiento territorial, incluyendo una base legal aprobada. En otras palabras: no existe este instrumento, ordenamiento territorial, que fue definido en varios documentos legales como instrumento central de la futura planificación ambiental.

Como consecuencia, tampoco se dispone de un instrumento para compatibilizar las diferentes planificaciones sectoriales (Gierhake 1998). Se elaboraron algunos planes de desarrollo en el ámbito comunal, muchos de aquellos en relación con proyectos de la cooperación técnica internacional.

En cuanto a la planificación sectorial para el medio ambiente merece mencionarse que Bolivia ha establecido un Sistema Nacional de Areas Protegidas (Rep. Bolivia 1998 a; IUCN 1992). Existen algunas propuestas para descentralizar el sistema de áreas protegidas y su manejo (DANIDA 1998).

La "Estrategia Nacional para el Manejo de la Biodiversidad" representa un intento de integrar los documentos de la planificación ambiental dentro de la planificación económica y social. Este documento trata los aspectos siguientes: las características principales en el aprovechamiento de los recursos naturales en Bolivia, riesgos para asegurar que se mantengan la biodiversidad existente en el país, los principales actores trabajando con la biodiversidad y las Leyes más importantes con impacto sobre el aprovechamiento de la biodiversidad. Basándose en aquella descripción se propusieron cinco áreas de acción: la relación Estado - sociedad civil; la planificación de desarrollo y su implementación; estableciendo una relación entre el aprovechamiento de la biodiversidad y un desarrollo sostenible; la investigación dirigida hacia la conservación de la biodiversidad y la conciencia social sobre biodiversidad y su aprovechamiento.

Sólo en el área "planificación de desarrollo" se elaboró objetivos específicos. En el contexto de esta investigación son de interés sobre todo los siguientes:

(a) establecer un sistema de ordenamiento territorial, el cual está orientado hacia la conservación del patrimonio natural del país, (b) elaborar un marco legal para el manejo de la biodiversidad, incluyendo por ejemplo la

definición de normas para integrar específicamente el aprovechamiento de la biodiversidad en el proceso de la planificación de desarrollo estatal y, de criterios que permitan evaluar este proceso "ex-post". (c) consolidar el sistema de áreas protegidas y (d) llevar a cabo las medidas necesarias para la protección y el aprovechamiento sostenible de los recursos genéticos (Baudoin / España 1997).

Esta "Estrategia Nacional..." no hace ninguna referencia a una base de datos, lo que limita su futura elaboración hacia un documento operacional para la planificación. Por otro lado, existen una serie de estudios tratando aspectos específicos del manejo de la biodiversidad, siempre recopilando la información existente en el nivel de los países del Tratado de Cooperación Amazónica. Cada uno de estos documentos contiene una parte enfocando la respectiva situación nacional (Estrella 1995 para plantas medicinales; TCA 1995 para el sector forestal; TCA 1994 para el marco legal).

### 5. Objetivos para la Investigación

Con este estudio se quiere lograr los objetivos siguientes:

- a) Recopilar la información sobre actividades institucionales, tanto estatales como no gubernamentales, en el sector medio ambiente, entendiendo este mismo de una manera más amplia y no limitado solo a aquellos aspectos más tradicionales en este sentido, como biodiversidad, áreas protegidas, bosques, suelo, etc.
- b) Poner una base de información sólida para identificar "intereses institucionales" y/o entender las formas como los actores institucionales se podrían involucrarán en el desarrollo de las zonas de amortiguamiento, una vez que exista una base legal. Merece recordarse, lo que fue apuntado al inicio de este trabajo, que, debido a la intensidad de cambios institucionales, no se pretende cubrir a 100% las instituciones existentes y todas sus posibles campos de acción.
- c) Definir tanto "áreas estratégicas" para la gestión ambiental como funciones administrativas dentro de las mismas áreas, para identificar más precisamente "vacíos institucionales" y duplicación / superposición de responsabilidades institucionales.
- d) Identificar el rol actual de los grupos principales de actores institucionales, trabajando sobre una clasificación institucional entre el Estado, las ONG, la cooperación internacional, en el proceso de la gestión ambiental,

- e) Precisar necesidades de investigaciones adicionales, implementando otras metodologías (para llegar a un valor agregado de la investigación).
- f) Establecer una base sólida para tomar primeras conclusiones sobre perspectivas y limitaciones existentes para una gestión ambiental. Sin embargo, entendiendo la esta investigación como un proceso, la base de información institucional puede ser consolidada (perfeccionada), sin cuestionar el enfoque metodológico<sup>1</sup>.

## 6. Metodología

### 6.1 Marco conceptual

Se trabajará con la siguiente hipótesis básica: todos los proyectos y programas dependen de la respectiva estructura administrativa como un factor condicionante de su éxito.

Relacionando los diferentes sectores integrados en un solo proyecto con los requerimientos administrativos articulados en el proceso de la implementación del mismo proyecto, se puede concluir, que crece la necesidad de contar con una estructura administrativa, la cual tiene bien definida tanto las competencias específicas de cada actor involucrado como las formas de comunicación inter-institucional con el creciente grado de multisectorialidad de un programa / proyecto. En otras palabras: una distribución definida de las responsabilidades entre los diferentes actores institucionales involucradas ayude a nivel de la implementación de proyectos multisectoriales, mientras que vacíos institucionales, transformados muchas veces en el pasado en una superposición de responsabilidades de varias entidades administrativas, produzcan "perdidas de fricción" en términos administrativos. Considerando la historia de la administración pública en América Latina, se encuentra una variedad de ejemplos ilustrando aquella segunda alternativa.

Precisando la hipótesis básica, se supone que la necesidad de coordinación inter-institucional crezca con el numero de aspectos sectoriales diferentes que intervengan en la formulación de lineamientos para una política específica y en la ejecución de los respectivos proyectos después. Sin duda

---

<sup>1</sup> Como el proyecto "Zonas de Amortiguamiento..." tiene como objetivo una investigación comparativa en los tres países andinos, la metodología y los instrumentos empleados para el análisis institucional deben ser idénticas. Esto trae como efecto inmediato, que no se puede variar mucho la descripción de estas partes.

alguna, un programa de gestión ambiental reúne todas las características de un amplio enfoque multisectorial.

Dentro de un esquema básico para el análisis institucional, se pueden diferenciar (por lo menos) entre dos aspectos principales, por un lado la organización estructural y, por otro lado, la transformación de la estructura en actividades administrativas concretas. Si bien es cierto, que los dos aspectos son indispensables para entender perspectivas y limitaciones de la administración pública para un sistema de gestión ambiental, seguidamente se concentrará sobre el primer aspecto. La organización estructural representa la base, define las responsabilidades formales las cuales deben ser realizadas por las respectivas instituciones. Sin embargo, la ejecución de actividades no está condicionada solo por factores definidos teóricamente como aquellos de la organización estructural.

### 6.2 Procedimiento general

Para identificar aquellas responsabilidades y, luego agruparlas según los objetivos de esta investigación, se aprovecharon de las fuentes de información siguientes:

- a) leyes, decretos y estatutos institucionales como fuente de responsabilidades formalizadas por escrito,
- b) entrevistas estructuradas con personas de amplia experiencia sobre el desarrollo reciente de las instituciones nacionales, complementando de tal manera la "información formal - escrito" con algo, llamado inicialmente responsabilidades administrativas practicadas de facto y
- c) todo esto fue complementado con la revisión de aquellas partes de investigaciones anteriores especificando algo sobre el rol de ciertas instituciones (parcialmente publicada, sin embargo, la gran mayoría no publicada y accesible solamente a través de instituciones de la cooperación internacional) y las propias experiencias logradas a través de estudios anteriores.

La información "cruda" obtenida por los dos tipos de fuentes fue integrada en la matriz (véase cuadro 3) y, luego se lo discutieron esta distribución institucional, según casillas definidas por áreas temáticas y funciones administrativas con personas conociendo el mundo institucional de Bolivia.

Refiriéndose a las "áreas estratégicas", principalmente merece mencionarse que se trata de un sistema abierto, lo cual permite integrar o borrar áreas en el proceso del levantamiento de datos.

Para empezar, se trabajó sobre la hipótesis que existen tres grupos principales de áreas que deben ser integrados en esta investigación:

- 1) un bloque de áreas definiendo la existencia de recursos naturales. Se trata de aquellas áreas numeradas 1 hasta 8 en el cuadro 3. Estas mismas áreas representan el enfoque más tradicional de cualquier ocupación sobre medio ambiente, sus necesidades de protección y perspectivas para algún uso sostenible. Sin embargo, enfocando solo aquellas áreas dentro de una política de medio ambiente, resultaría en un concepto "protección estricta". La realidad socio-económica de muchos países de América Latina demostró, que este enfoque de la protección estricta estrictamente (p.ej. Parque Nacional) no corresponde a las necesidades de la población, sobre todo en el fondo de la crisis económica de los años ochenta. Una serie de conflictos de uso de los recursos naturales dentro de las áreas protegidas ya está conocido para Bolivia (Amend, Th / Amend, St. 1992).
- 2) un bloque de áreas tratando el uso de los recursos naturales más conocidos. Esto se refiere a aquellas numeradas 9 hasta 15. Si bien es cierto que existe un número considerable de estudios sobre estas áreas, hay que recordarse que la gran mayoría está concentrada sobre aspectos puramente productivos. Dentro de los recursos naturales, aquellos del "subsuelo" como minerales y hidrocarburos, merecen una atención especial. Basándose en un concepto de suelo y subsuelo, el Estado se reservó el derecho exclusivo de decidir sobre el uso de los recursos del subsuelo, sea en áreas protegidas de cualquier calidad de manejo.
- 3) un bloque de áreas describiendo condiciones socio-económicas con alto impacto sobre las formas de uso de los recursos naturales y las perspectivas de su protección. Estos aspectos casi no fueron integrados en una política de medio ambiente y, como consecuencia, no se dispone de mucha información sobre la intensidad de estas relaciones. Se propone trabajar sobre la base de lo que aparece entre los números 16 y 25 en la matriz.

Merece recordarse, que algunos aspectos con alto impacto sobre políticas para el uso y la conservación de los recursos naturales, no están incluidas como "área estratégica" dentro de esta matriz. Se trata por ejemplo de la base legal, la jurisdicción (fiscalización), los instrumentos económicos, el fortalecimiento institucional. Sin duda, aquellos aspectos tienen relevancia para cualquiera de las "áreas estratégicas" propuestas en la matriz, los

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

representan puntos de partida esenciales para operacionalizar una política concreta.

Considerando las "funciones administrativas", hay que explicar algunos detalles de antemano, Refiriéndose sobre todo a aquellas denominadas con letras minúsculas, es decir (i), (f) y (p). En términos generales, estas funciones pueden tener la misma importancia como aquellas puestas en la primera línea horizontal. Sin embargo, estas "funciones específicas" no se repitieron con tanta frecuencia como las otras incluidas en la primera línea horizontal de la matriz. Enfocando cada una de estas categorías, merece mencionar lo siguiente:

- el (f) se pusieron para Fondos especializados al financiamiento de ciertas actividades, normalmente una institución nacional. Si bien es cierto, que siempre existe una institución, que ejecuta estos proyectos financiados por algún Fondo, mencionando la entidad financiera y la ejecutora se justifica: la existencia de estos Fondos puede ser interpretado, en términos generales, por un lado como una fuente adicional de financiamiento y/o, por otro lado, como un mecanismo que aumente el número de instituciones involucradas y, como consecuencia la burocratización de las actividades.
- el (i) muestra cierta similitud con la categoría anterior, tomando en cuenta que se trata también de fondos financieros. Sin embargo, apareció importante crear esta categoría aparte, para especificar fondos financieros puestos por entidades internacionales, trabajando sobre la hipótesis que los mecanismos de seguimiento y control tendrán un carácter aparte, normalmente más rígidos, en aquellos casos.
- el (p) enfocar una forma de control relativamente nuevo, es decir concentrándose sobre el trabajo de relaciones públicas y haciendo lobby en los centros en los cuales se supone la toma de decisiones políticas. Si bien es cierto, que actualmente prácticamente una sola institución desempeña esta función en Bolivia (FOBOMADE), los medios de comunicación ganaron bastante influencia en otros países ("el cuarto poder") y, por lo tanto, es de interés incluir este aspecto dentro de un análisis de las políticas ambientales.

Basándose sobre la distribución de las instituciones según áreas estratégicas para la gestión ambiental, se analizará los aspectos siguientes:

- a) existen instituciones que reúnan las competencias para todas las funciones administrativas dentro de una área estratégica para la gestión

ambiental (o casi todas, porque se puede asumir que la investigación siempre representa una actividad que requiere recursos especializados). Se supone que esta concentración de competencias dentro de una sola institución limitaría las necesidades de coordinación institucional y, como consecuencia, podría ayudar a la implementación más rápida.

- b) existen instituciones que tengan competencias de planificación para un numero considerable de áreas estratégicas, por ejemplo para todos aquellas desglosadas arriba que conformen uno de los tres grupos principales? Se supone que la concentración de competencias de planificación para un grupo de áreas estratégicas dentro de una institución puede poner la base para desarrollar un sistema de gestión ambiental multisectorial, la cual tome en consideración las interrelaciones entre los sectores diferentes (por ejemplo contradicciones en la planificación de varios organismos sectoriales, impactos directos e indirectos o acumulativos que pueden ocurrir por la implementación paralela y no acordada de varios planes sectoriales).
- c) cuales son las áreas estratégicas con mayor presencia institucional y, se definió qué institución debe tomar la responsabilidad para elaborar lineamientos sectoriales? Se supone que este liderazgo institucional corresponde sobre todo a entidades de la administración pública, mientras que tanto las ONGs como la economía privada se deben concentrar sobre la ejecución de las actividades. Basándose en esta hipótesis de rol estatal para la planificación, tanto documentos jurídicos (Leyes, decretos) como los planes de desarrollo serán sujeto de esta etapa de análisis.
- d) cuales son las áreas estratégicas con menor (ninguna) presencia institucional. Si no estuviera presente ninguna institución, se lo puede explicar por tres razones principales: esta área no esta percibida como importante, no esta definida una responsabilidad institucional para aquella área, no existe una relación lógica. La última alternativa se refiere a la mayoría de las áreas estratégicas mencionadas entre los números 16 - 22 y la función de la "protección".

### 6.3 Indicadores

Los variables de esta investigación están compuestos por tres grupos principales: las áreas estratégicas para una gestión ambiental, las funciones administrativas típicas que pueden asumir instituciones en cada una de aquellas áreas y las mismas instituciones implementando actividades aspecto con impacto, directo o indirecto, sobre el medio ambiente.

Merece recordarse los siguientes aspectos:

a) en relación con las áreas estratégicas:

La categoría "zonas de amortiguamiento" no existe como área protegida en Bolivia (véase por ejemplo GTZ 1998 a, b). Por otra parte, representa un espacio sumamente interesante, porque en este mismo espacio confluyen dos objetivos básicos de la Convención de la Biodiversidad, el uso sostenible y la protección de los recursos naturales, una perspectiva importante para el futuro. Considerando la falta de una definición precisa, necesariamente no pueden existir muchas instituciones que se dedican precisamente a este tema. Sin embargo, casi todas las demás instituciones presentadas en esta matriz, teóricamente tienen el mandato para realizar alguna actividad en las aledañas de una áreas protegida, es decir prácticamente en una zona de amortiguamiento, si fueses creado.

La categoría "sistemas ecológicos importantes" se refiere a aquellas zonas que no forman parte del sistema nacional de áreas protegidas, sin embargo, fueron identificados como importante para complementar dicho sistema en el futuro y aumentar su representatividad (Castaño Uribe 1993). Considerando que este sistema nacional de áreas protegidas solo recién fue creado en Bolivia (Septiembre de 1998, véase República de Bolivia 1998 a) y, que para la gran mayoría de las áreas integradas en este sistema falta el instrumento principal de la gestión, el plan de manejo, no existe una base muy sólida para concluir sobre lo que falta en la realidad para conservar una muestra representativa de la biodiversidad nacional. Como consecuencia, no pueden existir muchas instituciones trabajando sobre este aspecto.

El término "educación" se refiere al sistema formal - estatal, compuesta por colegios, escuelas técnicas, universidades etc. Sin embargo, la educación formal solo está accesible solo para una (pequeña) porcentaje de la población boliviana. Además, una visión multisectorial de la problemática medio ambiental casi no existe, salvo algunas excepciones notables, sobre todo a nivel de la educación superior, dentro del plan de estudios. Por otra

parte, casi todas las ONGs están realizando cursos de capacitación sobre el "cómo" aplicar las técnicas presentadas en el futuro. Como consecuencia resultaría que la casilla "ejecución de la educación no formal" abarcaría, con amplia diferencia, el número más alto de instituciones, mencionando a todas las ONG realizando alguno trabajo de campo. Por razones de claridad se limitaron a pocas palabras (casi todas las ONG). Lo que si está apareciendo claramente es que no existen mecanismos de planificación y coordinación para estas actividades

b) funciones

El "Inventario" se refiere a la mera recopilación de datos, p.ej. una recopilación estadística.

El término "Investigación" se refiere al análisis científica de los datos recopilados. Sin embargo, se debe recordar que la interpretación de las actividades de la investigación se puede complicarse, una vez integrando el aspecto de la calidad de la investigación para decidir sobre la colocación de instituciones en aquellas casillas. Partiendo de entendimientos diferentes, lo que para alguien representaría una investigación, para otra persona puede ser calificado como un trabajo sobre todo de recopilación descriptiva. La Academia Nacional de Ciencias sirvió como interlocutor para opinar sobre la calidad de la investigación.

Planificación.: Si bien es cierto, que todas las instituciones planifican de cierta manera sus actividades (plan de operación para un proyecto), en este contexto se quiere hacer referencia a enfoques de planificación más amplia, normalmente dirigido a mediano / largo plazo. Se trata de una función desempeñado normalmente por entidades estatales y, representando también un papel importante dentro de la cooperación internacional.

Ejecución (implementación): se refiere a todas aquellas instituciones concentrándose sobre acciones concretas, basadas sobre un sistema de planificación reducido. Generalmente, todas las ONG muestran un perfil parecido.

Protección: considerando que se trata de una investigación sobre la conservación y el manejo apropiado de la biodiversidad, esto justifica incluir esta categoría como función administrativa. Sin embargo, esta categoría no corresponde precisamente a aquellas áreas describiendo factores socio-económicos (p.ej. protección de la pobreza rural)

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

Control: Se trabajó sobre la hipótesis, que el control de la planificación y ejecución de todas las actividades queda dentro del mandato de las instituciones estatales, concentrado, dentro de un sistema político centralizado, en el nivel central. Sin embargo, en la practica pueden ocurrir casos, que esto mandato queda “teórico”, dejando un vacío institucional y/o mostrando que otras instituciones “reemplazaron” de facto a la institución estatal. La metodología empleada en esta investigación no permite profundizar este aspecto de una manera clara.

### c) Instituciones

Generalmente, se trabajó sobre la base de que cada institución entre en su totalidad. Sin embargo, hubo excepciones. Merece mencionarse los siguientes:

- Las Prefecturas y los Municipios están percibidos como un cuerpo institucional cada uno. Esto se debe a la base legal idéntica, sobre la cual trabajan, por un lado todas las Prefecturas y, por otro lado, todos los Municipios.
- Sin embargo, en la realidad se presentan como un conjunto de instituciones bastante diversos, reflejando tanto los ámbitos geográficos diferentes donde están ubicados como su respectivo grado de desarrollo socio-económico y la disponibilidad de recursos (administrativas, financieros, humanos). Cada uno de estos factores influye las posibilidades de las competencias teóricamente otorgadas.
- Donde fue posible, se especificaron las facultades de la Universidad. Esto se explica por la capacidad bastante diferente entre los diferentes facultades de una Universidad. Por otro lado, en los casos en los cuales solo se menciona la Universidad en general (por ejemplo la Universidad de Potosí, la del Beni), esto no quiere decir que su capacidad de investigación está igualmente distribuida entre las facultades. Precizando esta información, requería un insumo de tiempo y costos mucho más alto de lo acordado.
- En algunos casos se especificaron los Vice-Ministerios, lo que se debe a una discusión sobre la distribución de competencias dentro de la misma institución, observada dentro de los trabajos de campo.

## 7. Resultados

El alto número de instituciones llama la atención, que están involucradas de una u otra manera en la gestión ambiental. En total se identificaron 182 instituciones, de las cuales se puede suponer que cada una tiene su política institucional, trabajando sobre una problemática relacionada con aspectos relevantes para instalar un sistema de gestión ambiental multisectorial. Tomando en cuenta, que los 311 Municipios que tiene el país solo aparecen bajo un solo nombre en esta matriz, sin embargo, en la realidad tienen problemas e intereses de desarrollo bastante particulares, se puede esperar que la diversidad institucional llega a un número mucho más alto lo que se transformará en un diálogo político más complejo.

Como un resultado de carácter muy general, esta matriz indica que las responsabilidades administrativas para la gestión no fueron claramente definidas. Se articularon en varias entrevistas realizadas en el transcurso de esta investigación, que queda pendiente que el nivel político tiene que definir su estrategia para el medio ambiente para que la administración tenga la base necesaria que permite precisar las respectivas competencias de cada institución. Consultando documentos básicos para la implementación de la Convención de la Diversidad Biológica, tanto la "Estrategia nacional..." (véase Baudoin / España 1997) como el "Primer Informe nacional sobre la implementación de la Convención de la Diversidad Biológica" (Rep. Bolivia 1997 g).

Interpretando más detalladamente los resultados de distribución de responsabilidades administrativas, quedan dos alternativas principales, por un lado analizar la presencia institucional por líneas verticales ("funciones") y, por otro lado tomar las líneas horizontales ("áreas estratégicas") como referencia del análisis. Seguidamente se concentra sobre temas escogidas, tanto en las líneas verticales como en las horizontales de la matriz presentada en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Funciones administrativas						
Areas estratégicas	Inventario	Investigación	Planificación	Ejecución	Protección	Control
1. Biodiversidad	DGB, ANCB-EBB UMSA-IE UMSS-CIB MNH, MNKM HNB, HFMC FAN, GRAMA PROBONA TROPICO PLAFOR	ANCB-EBB, MNHN UTB, MNKM UMSA-IBBA UMSA-IE UMSA-IIB UMSA-IIQ UMSS-CIB HNB, HFMC Patiño, PLAFOR IIFAB, UAP-CIPA	DGB, Pref. ANCB-EBB HNB, HFMC GTZ, UNDCP FAN, CEJIS, PROBONA PLAFOR	DGB (f) ANCB-EBB PNUD, USAID GRAMA, AIPE, PROBONA. ABORIGEN, OXFAM	DGB, CEJIS, AIPE PROBONA	DGB, Pref., CCVS
2. Areas Protegidas	SERNAP ANCB-EBB UMSA-IE HNB, HFMC USAID/WCS/CABI VSF, CI, GRAMA CIMAR, TROPICO FAN, PROMETA	ANCB-EBB UMSA-IE CUEMAD MNH, MNKM HNB, HFMC USAID/WCS/CABI CI, ORSTOM	SERNAP ANCB-EBB UMSA-IE, MNHN GTZ, UE USAID/WCS/CABI USAID-WWF VSF, CI, CARE CIDDEBENI, FAN	SERNAP (f) BM (i), NEDA (f) PNUD, ORSTOM ANCB-EBB USAID/WCS/CABI CARE, CI, VSF GRAMA, CIMAR ABORIGEN TROPICO, FAN PROMETA	SERNAP USAID/WCS/CABI CI, VSF PROMETA	SERNAP, SuperAg SuperH FOBOMADE(p)

	<i>Inventario</i>	<i>Investigación</i>	<i>Planificación</i>	<i>Ejecución</i>	<i>Protección</i>	<i>Control</i>
2 a Zonas de amortigua- miento	ANCB-EBB HNB, HFMC PROBONA	ANCB-EBB HNB, HFMC CEBEM, FUNDECO UE (f)	ANCB-EBB, GTZ CARE	GTZ, BM(i). CARE PROBONA		
3. Bosques	MINKM, HBN, HFMC UMSFX BOLFOL PAFBOL FAO-Potosí PLAFOR ZONISIG ETSFOR VSF, FAN PROBONA FOBOMADE(p) PROMETA ACLO IIFAB CIMAR IPHAE CIDDEBENI TROPICO PROMAB, CIEC, CEDLA	ANCB-EBB MNHN ETSFOR UMSA-IE UMSA-IIB UMSS-Agr. CUEMAD UMSFX, UTB Patiño BOLFOL PLAFOR PROMAB PROBONA IPHAE FBSCMA	MinDSP MinAGDR Pref. BOLFOL PAFBOL FAO-Potosí FAN CIDDEBENI CEIBO SEDE PROBONA CIMAR PROFOREN IIFAB PROMAB Camfor	FONABOSQUE (iPref.), ETSFOR CIAT, BOLFOL BID(I), Cooptal UNDCP-FAO, SEDE PAFBOL, CARE FAO-Potosí, FAN PLAFOR VIVE, ASE AUMM, CEIBO, IIFAB PROBONA PROMETA, CIEC PROBIOMA SIEMBRA, CIPDA FHI COPLA IICCA APCOB, CIDOB IPHAE PROFOREN, CEATA PRI-SA, AsGoma ACLO DESEC, CEDEC, PROAGRO ABORIGEN, CEDLA	PROBONA PROMETA, CIDOB IIFAB, AsGoma CIMAR	MinAGD/VMF SuperF, SuperAg Pref., Municipios FAO-Potosí FOBOMADE(p) FBSCMA (p) CIMAR

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

	<i>Inventario</i>	<i>Investigación</i>	<i>Planificación</i>	<i>Ejecución</i>	<i>Protección</i>	<i>Control</i>
4a. Lagos	DGB, UMSA-IE UMMS-Biología EMI, TROPICO	UMSA-IE UMSA-IIQ UMMS-Biología IHN, PROSUCO	DGB, Pref. UMMS-Biología ALT, CEJIS	ALT	CEJIS	Min.Ext, Pref., ALT
4b. Salares	UMSA-IG ORSTOM	UMSA-IG ORSTOM	MinDE	Terranova		MinDE
5. Sistemas ecológicos importantes	DGB, MNKM UMSA-IE, AIPE ZONISIG, CIEC PROBONA	UMSA-IE CUEMAD TROPICO FUNDECO	DGB, Pref. ZONISIG UNDCP-FAO CIDDEBENI PROBONA CIMAR, FUNDECO	MDSP, Pref. PROBONA, CIEC CIPCA, CARE	FUNDECO	
6. Atmósfera	UMSA-IIF PNCC, SENAMHI	UMSA-IIF UMSA-IG UMSA-IE-LCA	UMSA-IE-LCA PNCC	UMSA-IIF, BM (f) NEDA (f)		MDSP

	<i>Inventario</i>	<i>Investigación</i>	<i>Planificación</i>	<i>Ejecución</i>	<i>Protección</i>	<i>Control</i>
7. Suelos	MinAGDR, FDC (I) Pref., IGM, EMI UMSA-IE, AGRUCO MNKM, UMSFX FAO, ZONISIG IICA, COPLA CERDET, VIVE CIMAR, ORSTOM PRISA	EMI, UMSFX AGRUCO Fertisuelos IICA, Valle	MinAGDR, FDC(i) CIAT, CARE, GTZ FAO, ZONISIG SEARPI CIDDEBENI CEIBO, PERTT	MinAGDR, FDC(i) GTZ, FAO, CARE Fertisuelos, CEDEC SEARPI, IICA, CIEC PERTT, CEIBO PROBIOMA, FHI CERDET, IICCA CIMAR, SARTAWI PROAGRO, VIVE	FAO, Fertisuelos SEARPI, CARE SEMATA, IPHAE PROAGRO	SuperAg, Pref.
8. Agua dulce (incluyendo manejo de cuencas)	MNKM, UMSA-IE UMTF, UMSFX AGRUCO, CEPAA CDR, PROMETA ALT, COPLA CEDOIN, ORSTOM	UMSA-IE UMSA-IIQ UMTF, UTO UMSFX ORSTOM-IE PROMETA FUNDECO ORSTOM	Pref., UTO AGRUCO, GTZ FAO, SEARPI, CEJIS CDR, CEPAA CEIBO, ALT, PERTT	AGRUCO, GTZ FAO, BID(i), SEARPI CEIBO, PERTT PROMETA PROAGRO, VIVE CIPCA, CIEC, CARE QHANA, OXFAM	SEARPI CEJIS, PROMETA, VIVE	MDSP, Min.Ext. Pref.
9. Bellezas Escénicas - Turismo	VT, INE, UT UNDCP-FAO, CI CEDOIN, TROPICO	CI	VTur., Pref. UNDCP-FAO, CI	UNDCP-FAO BID(i), CI, FAN Empr. Priv.		VT, Pref.

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

	<i>Inventario</i>	<i>Investigación</i>	<i>Planificación</i>	<i>Ejecución</i>	<i>Protección</i>	<i>Control</i>
10. Agricultura / Agropecuario	MinAGDR, INE EMI, INRA AGRUCO UMSF, ZONISIG FAO, KADASTER Pairumani, IICA PRISA, CDR ORSTOM	IICA, USFX, IBTA CIAT, UMJIMS UMSA-IIB UMSA-IE UMSA-Agr. UMSS-Agr. UMTF-Agr. Patiño, Valle, CI PROINPA PROSUCO ORSTOM; CIPCA	MinAGDR, Pref. INRA, AGRUCO IICA, USAID, GTZ FAO, ZONISIG, CI SEDE, CAO, CIMAR CEDLA PROBIOMA CIDDEBENI	MinAGDR, FDC(j) Pref. MinVsf, CIAT INRA, CNS, NEDA GTZ, Cooptal FAO USAID, OXFAM AGRUCO, PRISA UMSS-CIF, IICA SEMTA, CARE SEDE, FBE(j), CIEC DESEC, PROINPA CENPODEMA PAAC, CI, AIPE CIPCA, CEATA PROBIOMA, IICCA CIMAR, PNUD CARE, ABORIGEN CIDDEBENI		MinAGDR, SuperAg, Pref. INRA, KADASTER
11. Desarrollo Alternativo	UNDCP-FAO PDAR	IBTA, PDAR CEBEM	MinAGDR, GTZ UNDCP-FAO PDAR	MinAGDR, Pref. Municipios GTZ, UE, USAID UNDCP-FAO IBTA, CIPCA Empr. Priv.	UNDCP-FAO CUTCB	MinG, MinAGDR Pref.

	<i>Inventario</i>	<i>Investigación</i>	<i>Planificación</i>	<i>Ejecución</i>	<i>Protección</i>	<i>Control</i>
12. Recursos hidroeléctricos	INE, SENAMHI FOBOMADE(p) ORSTOM	UMSA-IH-ORSTOM	MinDE, Pref. UMSA-IH-ORSTOM Empr.Priv.	MinE, Empr.Priv. CIPCA	Empr.Priv.	Pref., LIDEMA FOBOMADE(p)
13. Recursos energéticos no-con- vencionales	INE, ANCB-IDE LIDEMA, FAN	ANCB-DIE, MINKM FAN, FUNDECO	Pref., ANCB-IDE ESMAP, ASE	PNUD, CAF, NASA LIDEMA, CEDEC ASE, EMPER	ESMAP	MinDE/VEH, Pref. Municipios
14. Minería	INE, COMIBOL UMTF, SOPE CEDOIN Empr.Priv. ORSTOM	UMTF	MinDE, UE, SOPE MedMin	MinDE, COMIBOL BM (i), UE DANIDA SIDA SOPE, MedMin Cooperativas Empr.Priv. OXFAM	DANIDA, SIDA OEA (i)	MinDSP, VMM COMIBOL
15. Hidrocarburos	UMSA (IE), INE YPFB FOBOMADE(p) Empr.Priv. Ecología y Empresa	UMSA -IE, HFMC	MinDE, CeTecPe	MinDE, USAID, BID Empr.Priv., YPFB	OEA(i)	MinDE, MDSP SuperH FOBOMADE(p) CeTecPe

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

	<i>Inventario</i>	<i>Investigación</i>	<i>Planificación</i>	<i>Ejecución</i>	<i>Protección</i>	<i>Control</i>
16. Población	INE, UNDP, US-AID ILDIS, CEBEM UPP, CIEC CENDOP, CEP GRAMA, AIPE CEDOIN, CEDLA	ILDIS, CEP, CIEC CEBEM, UPP CEDLA	MinVSB/VMPP Municipios US-AID, CIES	FNDR (f), FIS(f) Municipios, UNDP US-AID, CIES VIVE,AIPE, CIPCA CIEC, CEDLA UNITAS, OXFAM		MinVSB/VMPP
17. Indigenas	VAIPO, INE, CIDOB CEDOIN, ORSTOM	CEBEM, CIPCA	VAIPO, GTZ(i) CABI, CIDDEBENI CIMAR, APCOB FUNDECO	FI(f), USAID-CABI PAAC, CIDOB CIDDEBENI Inst.Indig., CIMAR CIDOB CIPCA, APCOB CIEC, OXFAM	CABI, CUTCB CIDDEBENI Inst.Indig., CIMAR CIDOB	VAIPO, FI(f)
18. Pobreza rural	INE, USAID, FAO CENPODEMA AIPE, CEDOIN ILDIS, ORSTOM	CIEC, CEDLA	Pref.,FAO, GTZ USAID, CIDDEBENI	FNDR(f), FDC(f) US-AID, NEDA(f) GTZ, FAO, DANIDA CARE, PAAC, AIPE ACLO, VIVE, FHI CEATA, APCOB DESEC, CERDET PRISA CIDDEBENI, CIPCA UNITAS		

	<i>Inventario</i>	<i>Investigación</i>	<i>Planificación</i>	<i>Ejecución</i>	<i>Protección</i>	<i>Control</i>
19. Salud	INE, UMSS US-AID, CIEC ORSTOM	UMSA-IBBA, UMSS, Patiño, CIEC, ORSTOM	GTZ, OMS/OPS CIDDEBENI MinSPS, US-AID, AIPE	FNDR(f), FDC(f) OMS/OPS, GTZ US-AID CENPODEMA PAAC, AIPE, CIPCA CEDLA, CIEC, CARE	OMS/OPS	MinSPS., MinTM
20. Servicios comunales (Desarrollo comunal)	INE, FIS (f), CEPAA SOPE, ILDIS, CIEC CEDLA, CEDOIN	CESU-UMSS, UMRM UMSA CEBEM CEDLA	MinAGDR, MinVSB GTZ, USAID CIDDEBENI, SOPE SEDE, CIPCA	MinVSB, FIS(f) FDC(f), FNDR(f) Municipios, GTZ, USAID, SOPE, SEDE ASE, FHI, PAAC ASEO, DESEC CIPCA, CARE, CIEC CARE, OXFAM		MinVSB, FIS(f) FDC(i), FNDR(f) ComVig
21a. Educación formal	INE, CDR, SOPE CIEC	Portales	MinECD UNDCP-FAO CIDDEBENI, SOPE	UNESCO, UNICEF UNDCP-FAO AUMM, SOPE CENPODEMA, VIVE		MinECD
21b. Educación no formal				Universidades Iglesias, ONG (casi todas)		

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

	<i>Inventario</i>	<i>Investigación</i>	<i>Planificación</i>	<i>Ejecución</i>	<i>Protección</i>	<i>Control</i>
22. Ciencias	Unis, MNKM MNHN, CEDOIN ORSTOM, ILDIS	Unis Uni.priv UMSA_IE, MNKM MNHN, AGRUCO PLAFOR	CEUB, EBB	Unis, Uni.priv ANCB, EBB MNKM, MNHN AGRUCO, GTZ		MinECD, CEUB ANCB
23. Infra- estructura técnica			MinDE, Pref. Municipios	MinDE, FF.AA FNDR(f), FDC(f) SNC, Municipios BID, USAID, KFW PAAC, CIE n Empr. Priv.	KFW(f)	MinDE, SuperTR Pref., Com. Vig
24. Industria, incluyendo pequeña industria	UMSFX, UMSA-IE UMSA-IQ, ASE APCOB, CIPCA CIEC, CEDLA SARTAWI	UMSFX	MinDE/VICI, Pref. GTZ. CIDDEBENI FEBOPI, CEPB, CNI CEDLA	MinDE/VICI, GTZ USAID BM, NEDA ONUDI, DANIDA FBE(I), CIDOB, CIEC APCOB, CEDLA AIPE Emp.priv. CIPCA, CARE SARTAWI	EP3, ESMAP, CPTS	MDSP, MinDE, Pref.
25. Comercio	UNDCP-FAO CIPCA, CIEC SARTAWI		UNDCP-FAO, FBE CamExpo SARTAWI	UNDCP-FAO(f) FBE(I), Empr. Priv. CIPCA, CIEC SARTAWI, QHANA		MinDE, LabCC

**Leyenda Cuadro 4:**

(i) actuando de una manera indirecta, p.ej. poniendo solo financiamiento;

(p) Control a través de trabajo de relaciones públicas / movilización.

(f) Fondo que pone financiamiento para la ejecución

<b>ABORIGEN</b>	Asociación Boliviana de Recursos Genéticos
<b>ACLO</b>	Acción Cultural Loyola
<b>ANCB</b>	Academia Nacional de Ciencias de Bolivia
<b>ANCB-EBB</b>	Estación Biológica Beni de la Academia Nacional de Ciencias de Bolivia
<b>ANCB-IDE</b>	Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ciencias de Bolivia
<b>AGRUCO</b>	Agroecología de la Universidad de Cochabamba
<b>AIPE</b>	Asociación de Instituciones de Promoción y Educación
<b>ALT</b>	Autoridad Autónoma del Lago Titicaca
<b>APCOB</b>	Ayuda para el Campesino Indígena del Oriente Boliviano (ONG-SCZ)
<b>ASE</b>	Asociación Sucrense de Ecología (ONG-Chuquisaca)
<b>ASEO</b>	Asociación Ecológica del Oriente (ONG-SCZ)
<b>AsGoma</b>	Asociación de Productores de Goma y Almendra (Empr.Priv-Pando)
<b>ASL</b>	Asociaciones Sociales del Lugar
<b>AUMM</b>	Acción Un Maestro Más
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>BM</b>	Banco Mundial
<b>BOLFOR</b>	Proyecto de Manejo Forestal Sostenible
<b>CABI</b>	Capitanía de Alto y Bajo Izozog
<b>CAO</b>	Cámara Agropecuaria del Oriente
<b>CARE</b>	Catholic Relief Agency (ONG en varios Departamentos)
<b>CCVS</b>	Consejo Consultativo de Vida Silvestre
<b>CEDLA</b>	Centro de Estudios para el Desarrollo laboral y agrario (ONG varios Depart:)
<b>CEDOIN</b>	Centro de Documentación y Información (ONG La Paz)
<b>CeTecPe</b>	Centro de Tecnología Petrolera
<b>CDR</b>	Centro de Desarrollo Regional (ONG-Potosí)
<b>CEATA</b>	Centro Experimental de Asistencia Técnica Agropecuario (ONG-Beni)

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

<b>CEBEM</b>	Centro Boliviano de Estudios Multidisciplinarios
<b>CEDEC</b>	Centro de Estudios para el Desarrollo de Chuquisaca (ONG-Chuquisaca)
<b>CEIBO</b>	Fundación Ceibo (ONG-Chuquisaca)
<b>CEJIS</b>	Centro de Estudios Jurídicos e Investigación Social (ONG-SCZ)
<b>CENDOP</b>	Centro de Documentación y Población
<b>CENPODEMA</b>	Centro Popular para el Desarrollo y el Medio Ambiente (ONG-Potosí)
<b>CEP</b>	Centro de Estudios y Proyectos (ONG-La Paz)
<b>CEPAA</b>	Centro de Estudios, Proyectos y Asesoramiento Ambiental (ONG-Potosí)
<b>CEPB</b>	Confederación de Empresarios Privados de Bolivia
<b>CERDET</b>	Centro de Estudios Regionales para el Desarrollo de Tarija (ONG-Tarija)
<b>CEUB</b>	Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana
<b>CI</b>	Conservation International (ONG-international)
<b>CIAT</b>	Centro de Investigación Agrícola Tropical
<b>CIDOB</b>	Confederación Indígena del Oriente, Chaco y Amazonía Boliviana (ONG)
<b>CIDDEBENI</b>	Centro de Investigación y Documentación para el Desarrollo del Beni (ONG-Beni)
<b>CIE</b>	Comando de Ingenieros del Ejercito
<b>CIEC</b>	Centro Interdisciplinario de Estudios Comunitarios (ONG La Paz)
<b>CIES</b>	Centro de Investigación, Educación y Servicios
<b>CIMAR</b>	Centro de Investigación y Manejo de Recursos Naturales Renovables (ONG-Sta.Cruz)
<b>CIPCA</b>	Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (ONG varios Depart.)
<b>CIPDA</b>	Centro Integral para el Desarrollo Agropecuario (ONG-Oruro)
<b>CNE</b>	Cámara de Exportadores
<b>CNF</b>	Cámara Nacional Forestal
<b>CNI</b>	Cámara Nacional de Industria
<b>CNS</b>	Consejo Nacional de Semillas
<b>COMIBOL</b>	Corporación Minera de Bolivia
<b>ComVig</b>	Comité de Vigilancia
<b>CoopItal</b>	Cooperación Italiana (Proyectos en Pando)

<b>COPLA</b>	Centro Orureño de Planificación (ONG-Oruro)
<b>CUEMAD</b>	Centro Universitario de Ecología, Medio Ambiente y Desarrollo
<b>CUTCB</b>	Confederación Unica de Trabajadores Campesinos de Bolivia
<b>DANIDA</b>	Danish International Development Agency
<b>DCB</b>	Dirección de Conservación de la Biodiversidad
<b>DESEC</b>	Centro para el Desarrollo Social Económico (ONG-Cbba)
<b>EMI</b>	Escuela Militar de Ingeniería
<b>EMPER</b>	Asociación de Empresas Proveedores y Productores en Energías Renovables (Cbba)
<b>Emp.Priv.</b>	Empresa Privada
<b>EP3-BOL</b>	Proyecto para la Prevención de la Contaminación Ambiental
<b>ESMAP</b>	Energy Sector Management Assistance Programme
<b>ETSFOR</b>	Escuela Técnica Superior Forestal (Cbba)
<b>FAN</b>	Fundación Amigos de la Naturaleza (ONG-Sta. Cruz)
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
<b>FBE</b>	Fundación Bolivia Exporta
<b>FBSCMA</b>	Foro Boliviano de la Sociedad Civil sobre Medio Ambiente y Desarrollo
<b>FDC</b>	Fondo de Desarrollo Campesino
<b>FEBOPI</b>	Federación Boliviana de Pequeña Industria
<b>FF.AA.</b>	Fuerzas Armadas
<b>FHI</b>	Fundación contra el Hambre (ONG-Oruro)
<b>FI</b>	Fondo Indígena
<b>FIS</b>	Fondo de Inversión Social
<b>FNDR</b>	Fondo Nacional de Desarrollo Regional
<b>FOBOMADE</b>	Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo
<b>FONABOSQUE</b>	Fondo Nacional de Desarrollo Forestal
<b>FUNDECO</b>	Fundación para el Desarrollo de la Ecología
<b>GEOBOL</b>	Geología de Bolivia
<b>GRAMA</b>	Grupo de Reflexión y Acción sobre el Medio Ambiente (ONG Sta. Cruz)

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

<b>GTZ</b>	Cooperación Alemana al Desarrollo (Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit)
<b>HBN</b>	Herbario Nacional de Bolivia
<b>HFMC</b>	Herbario Forestal Martin Cardenas (Cochabamba)
<b>IBTA</b>	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuario
<b>IGM</b>	Instituto Geográfico Militar
<b>IICA</b>	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
<b>IICCA</b>	Instituto de Investigación y Capacitación Campesina (ONG-Tarija)
<b>IIFAB</b>	Instituto de Investigaciones Forestales de la Amazonía Boliviana
<b>IHN</b>	Instituto de Hidrografía Naval
<b>ILDIS</b>	Instituto Interamericano de Investigaciones Sociales
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>Inst.Indig.</b>	Instituciones Indígenas (otras como: COPNAG.....)
<b>INRA</b>	Instituto Nacional de Reforma Agraria
<b>IPHAE</b>	Instituto Para el Hombre, Agricultura y Ecología (ONG-Beni)
<b>KADASTER</b>	Catastro Rural Legal de Chuquisaca
<b>KFW</b>	Banco de Reconstrucción Alemán (Kreditanstalt fuer Wiederaufbau)
<b>LabCC</b>	Laboratorio de Control de Calidad
<b>LIDEMA</b>	Liga de Defensa de Medio Ambiente
<b>MDSP</b>	Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación
<b>MedMin</b>	Manejo Integrado del Medio Ambiente en la Pequeña Minería
<b>MMINAGDR</b>	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
<b>MinDE</b>	Ministerio de Desarrollo Económico
<b>MinECD</b>	Ministerio de Educación, Cultura y Deporte
<b>MinExt</b>	Ministerio de Relaciones Exteriores
<b>MinG</b>	Ministerio de Gobierno
<b>MinSPS</b>	Ministerio de Salud y Previsión Social
<b>MinTM</b>	Ministerio de Trabajo y Microempresa
<b>MinVSB</b>	Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos
<b>MNHN</b>	Museo Nacional de Historia Natural
<b>MNKM</b>	Museo de Historia Natural Mercado Kempf (Sta. Cruz)

<b>NEDA</b>	Netherlands Development Agency
<b>OEA</b>	Organización de los Estados Americanos
<b>ONUUDI</b>	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (United Nations Organization for Industrial Development)
<b>OPS/OMS</b>	Organización Panamericana de Salud/Organización Mundial de la Salud
<b>ORSTOM</b>	Organización de Investigación Ultra Mar
<b>OXFAM</b>	ONG inglesa, financiadora de proyectos de desarrollo de base
<b>PAAC</b>	Programa de Asistencia Agrobioenergética al Campesino (ONG-Cochabamba)
<b>PAFBOL</b>	Plan de Acción Forestal para Bolivia
<b>Pairumani</b>	Centro de Investigación Fitogenética Pairumani (Cochabamba)
<b>Patiño</b>	Fundación Patiño (Cbba)
<b>PDAR</b>	Proyecto de Desarrollo Alternativo Regional (para zonas con cultivos de coca)
<b>PERTT</b>	Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras en Tarija
<b>PLAFOR</b>	Plan Agroforestal de Chuquisaca
<b>PNCC</b>	Programa Nacional de Cambios Climáticos
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (United Nations Development Programme)
<b>Portales</b>	Centro Portales (ONG Cochabamba)
<b>Pref</b>	Prefectura
<b>PRISA</b>	Programa de Implementación de Sistemas Agroecológicos (ONG-Beni)
<b>PROAGRO</b>	Promotores Agropecuarios (ONG-Chuquisaca)
<b>PROBIOMA</b>	Productividad Biósfera Medio Ambiente (ONG-Sta. Cruz)
<b>PROBONA</b>	Programa de Bosques Nativos Andinos
<b>PROFOREN</b>	Programa de Forestación, Reforestación y Enriquecimiento (Beni)
<b>PROINPA</b>	Proyecto de Investigación de la Papa
<b>PROMETA</b>	Protección del Medio Ambiente Tarija (ONG-Tarija)
<b>PROSUCO</b>	Programa interinstitucional de Suka Kollo
<b>QHANA</b>	Centro de Educación Popular „QHANA“
<b>SARTAWI</b>	Obra de la iglesia luterana (ONG La Paz)

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

<b>SEDE</b>	Servicios de Desarrollo y Medio Ambiente (ONG-Chuquisaca)
<b>SEARPI</b>	Servicios de Encautamiento de Aguas y Regularización de Río Pirai
<b>SEMTA</b>	Servicios Múltiples de Tecnologías Apropriadas (ONG-LP)
<b>SENAMHI</b>	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
<b>SERNAP</b>	Servicio Nacional de Areas Protegidas
<b>SIDA</b>	Agencia Sueca para el Desarrollo (Swedish International Development Agency)
<b>SIEMBRA</b>	Fundación Siembra (ONG-LP)
<b>SNC</b>	Servicio Nacional de Caminos
<b>SOPE</b>	Sociedad Potosina de Ecología (ONG-Potosí)
<b>SuperAg</b>	Superintendencia Agraria
<b>SuperE</b>	Superintendencia de Electricidad
<b>SuperF</b>	Superintendencia Forestal
<b>SuperHi</b>	Superintendencia de Hidrocarburos
<b>SuperTra</b>	Superintendencia de Transporte
<b>Terranova</b>	compañía de economía privada
<b>TROPICO</b>	(ex) Centro de Datos para la Conservación
<b>UAP-CIPA</b>	Centro de Investigaciones de Proyectos Amazónicos de la Universidad Amazónica de Pando
<b>UAGRM</b>	Universidad Autónoma Gabriel René Moreno de Santa Cruz
<b>UE</b>	Unión Europea
<b>UICN</b>	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
<b>UMJMS</b>	Universidad Mayor Juan Misael Saracho de Tarija
<b>UMSA</b>	Universidad Mayor de San Andrés de La Paz
<b>UMSA-IBBA</b>	Instituto Boliviano de Biología de Altura de la Universidad Mayor de San Simón
<b>UMSA-IE</b>	Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés
<b>UMSA-IE-LCA</b>	Laboratorio de Calidad Ambiental del Instituto de Ecología de la UMSA
<b>UMSA-IG</b>	Instituto de Geología de la Universidad Mayor de San Andrés
<b>UMSA-IH</b>	Instituto Hidraulico de la Universidad Mayor de San Andrés

<b>UMSA-IIB</b>	Instituto de Bioquímica de la Universidad Mayor de San Andrés
<b>UMSA-IIF</b>	Instituto de Investigaciones Físicas de la Universidad Mayor de San Andrés
<b>UMSA-IIQ</b>	Instituto de Investigaciones Químicas de la Universidad Mayor de San Andrés
<b>UMSFX</b>	Universidad Mayor San Francisco Xavier de Chuquisaca
<b>UMSS</b>	Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba
<b>UMSS-CEP</b>	Centro de Estudios de Población de la Universidad Mayor de San Simón
<b>UMSS-CESU</b>	Centro de Estudios Superiores de
<b>UMSS-CIB</b>	Centro de Investigaciones de Biodiversidad de la Universidad Mayor de San Simón
<b>UMSS-CIF</b>	Centro de Investigaciones a Forajes de la Universidad Mayor de San Simón
<b>UMTB</b>	Universidad Mayor Técnica del Beni
<b>UMTF</b>	Universidad Mayor Tomás Frías de Potosí
<b>UNDCP</b>	Programa de las Naciones Unidas para la Fiscalización Internacional de Drogas (United Nations Drug Control Programme)
<b>UNESCO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (United Nations Education, Science and Culture Organization)
<b>UNICEF</b>	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (United Nations Children's Fund)
<b>UNITAS</b>	Unión Nacional de Instituciones para el Trabajo de Acción Social (agrupación de ONG's de varios Departamentos)
<b>UPP</b>	Unidad de Políticas de Población
<b>USAID</b>	United States Agency for International Development
<b>UTB</b>	Universidad Técnica del Beni
<b>UTO</b>	Universidad Técnica de Oruro
<b>VAIPO</b>	Viceministerio de Asuntos Indígenas y Pueblos Originarios
<b>Valle</b>	Instituto de Investigación Agropecuario El Vallecito (Sta.Cruz)
<b>VICI</b>	Viceministerio de Industria y Comercio Interior
<b>VIVE</b>	Vida Verde (ONG-Tarija)
<b>VMM</b>	Viceministerio de Minería y Metalurgia del MinDE
<b>VPPFM</b>	Viceministerio de Participación Popular y Fortalecimiento Municipal del MDSP

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

<b>VSF</b>	Veterinarios Sin Frontera (ONG-Beni)
<b>VT</b>	Viceministerio de Turismo del MinDE
<b>WCS</b>	Wildlife Conservation Society (ONG-international)
<b>WWF</b>	World Wildlife Fund (ONG internacional)
<b>YPFB</b>	Yacimientos Petrolíferos Fiscales de Bolivia
<b>ZONISIG</b>	Zonificación agro-ecológica y Sistema de Información geográfica de Bolivia

**Comentarios:** no existe Fiscalía ambiental (falta la parte judicial) ¡!

### 7.1 Funciones administrativas

Se puede observar una alta concentración de instituciones que ejecutan proyectos. Más específicamente, esta alta concentración institucional se refiere a las áreas estratégicas de los "bosques" y de la "agricultura", una colocación que permite las interpretaciones siguientes:

El alto numero de instituciones realizando actividades en estas dos áreas refleja las necesidades económicas de la población, las cuales están basadas estrechamente en el primer sector de la economía. Se debe calcular, por lo menos a corto o mediano plazo, con una presión considerable sobre el uso de los recursos forestales y agrícolas, porque para muchas personas sigue existiendo la necesidad de asegurarse la sobrevivencia.

Aparentemente se mantiene una orientación sectorial en la estructura institucional, por lo menos en lo que se refiere al nivel de la ejecución. Esto requiere, que los Planes sectoriales sean acordados, para evitar una duplicación de esfuerzos y/o la implementación de actividades con impactos contradictorias.

Si bien es cierto, que algunas instituciones, sobre todo las ONGs, se concentran su trabajo sobre un espacio regional, por el alto numero de instituciones se puede concluir que existen duplicación y sobre-posición de competencias.

Analizando la presencia institucional en la línea vertical de la función "planificación", se puede resumir lo siguiente:

Dentro del primer bloque de áreas estratégicas (es decir los números 1-8 del Cuadro 4), se observan concentraciones de competencias para más que una/dos áreas en el MDSP (incluyendo su Dirección General de Biodiversidad, DGB), en el MAGDR (refiriéndose a los recursos esenciales del

suelo y del bosque) y en las Prefecturas (las cuales las tienen competencias para las cinco áreas, sin embargo, limitadas en el momento a competencias teóricas). Además, merece mencionarse el caso del MDE y su competencia para el área de los salares.

Observando los "vacíos institucionales" que aparecen en la matriz de competencias institucionales, llaman la atención también el caso de la área de los salares, de las zonas de amortiguamiento y de los sistemas ecológicos importantes. Aparentemente falta una base legal para definir aquellas funciones más precisamente.

Con referencia al segundo bloque de áreas estratégicas (los números 9 - 15) hay que recalcar lo siguiente:

Comparando las competencias para la planificación por áreas estratégicas, el MDE y el MAGDR están las instituciones los más importantes, es decir las instituciones que reúnen competencias para el mayor número de áreas estratégicas para la gestión ambiental. En ambos casos, se junta una capacidad comparablemente alta de ejecución con estas competencias de planificación.

Considerando el déficit general de coordinación ya constatado (véase Banco Mundial 1997), el alto número de instituciones ejecutando proyectos tanto en el área de los bosques como en aquella de la agricultura podría indicar que existe este mismo problema en estos dos sectores, muy probablemente con una intensidad mayor.

Lo llama la atención que no aparece el MDSP como entidad con un mandato de planificación en estas áreas. La falta de competencias en aquellas áreas puede transformarse como un factor crítico para una política de uso sostenible o de conservación, considerando los impactos sobre el uso de los recursos naturales que pueden tener los programas elaborados en el MDE y el MAGDR - "tradicionalmente" predomina el aspecto del incremento de la producción en estas instituciones, un enfoque que se transformará fácilmente en un aumento de la extracción de los recursos naturales.

No existe un vacío institucional dentro de este bloque de áreas estratégicas.

Revisando la colocación de las instituciones por áreas estratégicas en el tercer bloque (16 - 25), llama la atención que aparentemente ninguna institución está en condiciones para desempeñar el liderazgo (lo que antes hizo de alguna manera el Ministerio de Desarrollo Humano). Aparentemente, existe una necesidad para estructurar las competencias de

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

planificación más precisamente, tomando en cuenta las inter-relaciones entre las áreas (sectores). Se podría lograr un avance en este sentido dentro del proceso de la descentralización. Sin embargo, esto dependerá de decisiones políticas que quedan pendientes todavía.

El MDSP no está involucrado de una manera directa con la planificación para aquellas áreas.

El único vacío institucional notable que existe está la planificación (coordinación) de las actividades de la educación no-formal.

Revisando todas aquellas áreas que fueron agrupados bajo "factores socio-económicos" con impacto sobre el medio ambiente, se nota fácilmente, que ninguna área muestra un numero tan alto de instituciones como se lo pueden observar por ejemplo en el caso de "bosques". Esto se explica de una manera fácil: todavía no están discutidos frecuentemente cuáles son los impactos directos o indirectos que se explican por las actividades realizadas en aquellas "áreas estratégicas", lo que trae como consecuencia, que muchas de las instituciones contactadas no lo incluyeron los aspectos ambientales de su trabajo en sus documentos de auto-descripción.

Comparando la distribución de las responsabilidades institucionales en las líneas verticales, aparece solo una institución que asume responsabilidades para un numero de áreas importantes: El Instituto Nacional de Estadística (INE) realiza su mandato de hacer inventarios en todas aquellas áreas agrupadas como condiciones socio-económicas para el uso y, además en la mayoría de las áreas describiendo el uso de los recursos naturales.

Poco desarrollada queda actualmente todo el sistema de control. En este sentido hay que tomar en cuenta que las modificaciones institucionales fueron bastante ambiciosas y, todavía no se lo terminaron completamente. A nivel central de la administración ya existen algunas Superintendencias, instituciones que deben asumir esta función de control. A nivel departamental y municipal, se supone que las Prefecturas y los Municipios respectivamente asumirán esta función de control. Sin embargo, todavía faltan, sobre todo a nivel de las Prefecturas, una definición clara de las responsabilidades y, más importante, los recursos (legales, administrativas, financieros) para realizar competencias de control, una vez que sean definidas.

## 7.2 Areas Estratégicas

Comparando la presencia institucional en la línea horizontal, es decir las responsabilidades que asume (o reclama) una institución con respecto a las funciones dentro de una área estratégica, llama la atención que muy pocas instituciones aparecen en todas (la mayoría) de estas casillas que definen funciones específicas. Siguiendo la agrupación de las áreas estratégicas por bloques principales (véase Capítulo 7.1), y enfocando sobre todo el primer de estos bloques, merece mencionarse los casos siguientes:

La "Dirección General de la Biodiversidad". En términos estructurales, lo representó un avance significativo instalar esta entidad especializada para gestionar cualquier asunto relacionado con la conservación y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad.

Con la creación del Servicio Nacional de Areas Protegidas la DGB "perdió" una área de acción. Considerando los múltiples problemas en el manejo de las áreas protegidas, la DGB se liberó de responsabilidades directas en el campo. Basándose en los resultados de las entrevistas realizadas, las nuevas áreas de intervención de la DGB no siempre parecen ser definidas de una manera clara. En el contexto de una investigación sobre zonas de amortiguamiento, es importante que la DGB quiere coordinar todas las actividades alrededor de las áreas protegidas, sin embargo, por la falta de una definición de zonas de amortiguamiento como área protegida, carecen de un mandato preciso.

Aparentemente no existe una institución que maneja, de una manera concentrada, estadísticas sobre la existencia actual de la biodiversidad y, más importante todavía, las tendencias de su uso / sobre-uso. Solo en base de esto, se estuvieran en condiciones de preparar investigaciones precisas sobre las necesidades de conservación y las posibilidades de un futuro aprovechamiento sostenible. Por otra parte, existe un número considerable de instituciones dedicadas a la investigación sobre aspectos diferentes de la biodiversidad en Bolivia. Tomando en cuenta tanto la base estadística existente, como resultados de otros trabajos anteriores, que indican que Bolivia es el país amazónico que tiene la documentación más limitada sobre la existencia de plantas medicinales / farmacéuticas y su uso actuales (véase por ejemplo Estrella 1995), la cantidad de instituciones dedicadas a la investigación sorprende.

El Servicio Nacional de Areas Protegidas (SERNAR) fue creada con el Decreto Supremo No. 25158 en el año 1998 para concentra todas las

responsabilidades relacionadas con las áreas protegidas del país. Esta institución trabaja sobre su propia esquema de entidades desconcentradas, definida según regiones ecológicas, que no corresponde a la estructura departamental. Esta división interna de las actividades del SERNAP puede volverse complicado una vez que se quieren coordinar actividades con las demás instituciones realizando actividades en las zonas aledañas. En el caso de una área protegida que cubre espacios de más que un Departamento, se necesitaría la coordinación con varias Prefecturas. Se quedó limitado su capacidad de acción en el campo, debido a tres factores principales:

Muy pocas áreas protegidas de Bolivia cuentan con un Plan de Manejo aprobado (véase por ejemplo Amend, Th. / Amend, St. 1992) y, como consecuencia de esto, carecen de la base principal para tomar medidas en contra de un aprovechamiento económico de los recursos de las áreas protegidas. La situación financiera de este sector aparece complicado, tomando en cuenta que se ha terminado el primer proyecto GEF, una de las fuentes principales para financiamiento de los gastos corrientes de las áreas protegidas. Además, el gobierno nacional prácticamente corto su aporte para el Fondo Nacional de Medio Ambiente (FONAMA). Si bien es cierto que las agencias internacionales de desarrollo no quieren que se "muera" esta institución, a finales del año 1998 todavía no se tomaron ninguna decisión definitiva y, como consecuencia, FONAMA no pudo aportar para el funcionamiento del sistema de áreas protegidas en el campo (véase por ejemplo Banco Mundial 1997; Flores / Grubenberger 1998).

Zonas de amortiguamiento: Considerando que falta todavía una definición acordada entre todos los actores potenciales y apoyada además legalmente (véase GTZ 1998 a, b), se explica el numero reducido de instituciones trabajando este tema. Sin embargo, tomando en cuenta la problemática ambiental del país y el gran numero de instituciones dedicadas a actividades con impacto potencial en las zonas aledañas de las áreas protegidas, lo que se requiere es crear una base científica estable y, más específicamente, trabajar sobre un enfoque multisectorial. Solo recién, algunas investigaciones tomaron en cuenta esta orientación.

En términos generales, llama la atención, que en el contexto de conocimientos parciales sobre las posibilidades de planificar e implementar zonas de amortiguamiento, existen una serie de actividades de planificación y ejecución. Se trata de experiencias a nivel de proyectos particulares, en todos los casos apoyados con fondos financieros del exterior.

En el caso de los hidrocarburos, hace resaltar que el Ministerio de Desarrollo Económico (MDE) concentra la mayoría de las competencias para esta área de importancia trascendental en la economía nacional.

Tomando en cuenta los impactos potenciales generados por el concepto de "uso de los recursos del subsuelo", las posibilidades de intervención para el concepto de prospección y producción de los hidrocarburos que lo permite en todas las zonas de territorio nacional, el MDE puede aparecer como un actor importante, incluyendo áreas protegidas, una vez que se encuentren pruebas para que la producción petrolera podría producir rendimientos.

Indígenas: Se trata de una área política bastante compleja, relacionada con un gran número de las demás áreas estratégicas incluidas en la matriz. Por la dinámica que ha logrado el proceso de la Participación Popular y, lo que previsiblemente se lograrán empleando el instrumento de los "Territorios Comunitarios de Origen" (TCO), puede ser una de las áreas estratégicas de la gestión ambiental más importantes en el futuro.

Las Prefecturas reúnen por su mandato competencias considerables para una serie de "áreas estratégicas". Merece mencionarse, como ejemplos de acumulación de competencias en la línea horizontal: biodiversidad, bosque, agricultura, recursos hidroeléctricos, recursos energéticos no convencionales. Sin embargo, al final del año 1998 se trató de un mandato teórico. Si bien es cierto que esta política de la descentralización a nivel medio, la prevista transferencia gradual de competencias y recursos a los niveles departamentales y municipales, fue aprobada políticamente (véase República de Bolivia 1997 b, c, d, e), aparentemente la mayoría de las Prefecturas carecen de los recursos para realizar su mandato. La forma cómo se trata el tema ambiental en los Planes de Desarrollo puede variar considerablemente (véase por ejemplo Pref. Sta.Cruz 1998 y para una experiencia particular de una buena integración del tema ambiental en un plan de desarrollo, el caso de la Provincia de Florida, Gierhake 2001 a).

Municipios: En los años 1994 y 1995 se pusieron las bases legales, administrativas y económicas para el municipio territorial en todo el país, una gran parte de las actividades municipales se concentró sobre la ejecución de obras, definidas por la Ley de la Participación Popular y sus decretos respectivos (servicios comunales, caminos vecinales etc.). El papel del medio ambiente dentro de estos planes no fue definido precisamente.

Por otra parte, estos mismos documentos definieron también la responsabilidad municipal para el medio ambiente, dentro de su

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

jurisdicción. Tomando en cuenta el número de municipios existiendo en Bolivia, dentro de ámbitos geográficos diferentes y, como consecuencia, con perspectivas y/o problemas de desarrollo poco comparables, la metodología empleada para esta investigación sólo permite conclusiones parciales: Aparentemente tienen una capacidad de gestión mayor que por ejemplo las Prefecturas (véase Banco Mundial 1997) y las posibilidades futuras de realizar estas capacidades dependen de la definición clara de su relación con las entidades de jerarquía superior de la administración pública.

## 8. Conclusiones

a) Este alto número de instituciones que trabajan sobre una problemática tan complejo como el medio ambiente, permite trabajar sobre la hipótesis que hay “perdidas de fricción” en la administración de programas con impactos ambientales. Se puede precisar este resultado por dos caminos: por un lado repetir esta recopilación de datos institucionales (para complementar la información y para hacer un seguimiento de los cambios) y, por otro lado, analizar las relaciones entre las instituciones que se encuentran en algunas casillas escogidas con técnicas de las ciencias sociales (para entender formas de definir poder, comunicación etc.). Además se puede concluir que se requiere definir todavía más tanto las competencias y las responsabilidades que tiene cada institución para temas ambientales como las formas de comunicación inter-institucional.

b) Con la reforma de la administración pública nacional se lograron una mejor definición de las competencias a nivel de los Ministerios. Merece mencionarse como características importantes de este proceso que el Estado se ha retirado por gran parte de la ejecución de actividades y que un sistema de control independiente está en el proceso de consolidación (las Superintendencias).

Por otra parte, el problema de la duplicación y/o superposición de atribuciones entre dos o más instituciones no fue solucionado completamente, sino ha sido transferido al nivel de los Vice-Ministerios (véase Cuadro 2). Con la reciente creación del “Viceministerio de Planificación Estratégica y Participación Popular” se han logrado solucionar uno de los principales conflictos para una planificación multisectorial.

c) Las instituciones de la sociedad civil representan los principales actores en la ejecución de las actividades, sobre todo en las áreas bosque, agricultura, suelo, pobreza rural, es decir las líneas tradicionales de su intervención. Considerando que todas las actividades de ejecución están acompañadas por un estudio de factibilidad o un levantamiento de datos, esto puede explicar la alta presencia de las ONGs en la columna del Inventario.

Sin embargo, salvo algunas excepciones, no fueron evaluados la calidad administrativa y/o la capacidad real de administración e implementación de aquellas instituciones que aparecen como ONG. Esto puede ser interpretado de tal manera que por un lado todavía no han sido discutidas suficientemente las potencialidades y limitaciones de estas

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

organizaciones a nivel de la política nacional y/o que las ONGs tienen la influencia para evitar que se discuten aquellos aspectos de una manera transparente.

- d) Por otro lado, se puede identificar algunas áreas con características de una „indefinición“ de responsabilidades administrativas. Merece mencionarse los casos de las „zonas de amortiguamiento“ y los „sistemas ecológicos importantes. Ambas áreas tienen mayor importancia para el desarrollo futuro, porque en estas áreas confluyen los objetivos del desarrollo sostenible, la conservación y el uso de los recursos naturales. Aparte de esto reúnen algunas características más:
- su problemática no se puede ser limitado a un enfoque sectorial,
  - como consecuencia requieren de un concepto multidisciplinario de desarrollo,
  - no existe consenso sobre sus límites espaciales y
  - por la falta de límites acordados tampoco se conoce precisamente los actores presentes en la zona.
- e) En comparación con los otros países andinos, Bolivia cuenta con un instrumento de planificación comparativamente bien desarrollado, el Sistema Nacional de Planificación (véase Rep. Bolivia 1995 a). Se ha puesto la base legal para la adecuada definición de competencias de planificación e implementación. Sin embargo, quedaron pendiente especificar algunos aspectos fundamentales, por ejemplo las formas precisas como debe funcionar la comunicación entre los diferentes niveles de planificación (es decir: entre el Estado central y las Prefecturas, entre el Municipio y la Prefectura).
- Algunos proyectos, como por ejemplo la Ley del Ordenamiento Territorial o la Ley de la Biodiversidad, están en el proceso de elaboración. Una vez aprobadas, estas leyes básicas podrían contribuir para solucionar problemas técnicos pendientes. Sin embargo, por las experiencias conseguidas hasta el momento, se puede concluir que una buena parte de los factores que influyen aquella decisión son de carácter político y, por lo tanto, las soluciones no dependerán solamente de una mejor base técnica.

## 9. Bibliografía

Amend, Th.; Amend, St. (Ed.): Espacios sin habitantes – Parques Nacionales de América del Sur, Gland/ Caracas 1992

Arce, J.P.; Beck, S.; Ergueta, P.; Estenssoro, S.; Flores, E.; Garcia, E.; Goitia, L.; Marconi, M.; Salinas, E.: Diagnostico de la diversidad biológica de Bolivia, Washington 1988

Banco Mundial: Bolivia. Aspectos de Gestión Ambiental, consolidando resultados pasados y garantizando su sostenibilidad en el Futuro, La Paz 1997

Baudoin, M.; España, R.: Lineamientos para una Estrategía Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica, La Paz 1997

CADMA (Comisión Amazónica de Desarrollo y Medio Ambiente): Amazonia sin Mitos, Bogotá 1994

Castaño Uribe, C.: Situación General de la Conservación de la Biodiversidad en la Región Amazónica: Evaluación de las Areas Protegidas. Propuestas y Estrategias, Quito 1993

Corro Barrientos, B.: Estructuras institucionales y legal de la Descentralización y de la Participación Popular, informe interno no publicado, La Paz 1996

Estrella, E.: Plantas medicinales amazónicas. Realiad y Pespectivas (Informe de Consultoria al TCA no publicado), Lima 1995

Flores, T. y Grubenberger, J. (Eds.), Crisis en el Financiamiento de la Gestión Ambiental, El caso FONAMA, La Paz 1998

Gierhake, K.: Regionale Entwicklungsplanung in marginalisierten Räumen den Andinen Lateinamerika. Beispiele aus Bolivien, Kolumbien und Peru, en: Die Erde 124, Cuaderno 1, pp. 37 - 52

Gierhake, K.: Medio Ambiente y Planificación territorial en Bolivia (Documentos de Investigación No. 3 del CEBEM) La Paz 1997

Gierhake, K.: Presencia institucional y responsabilidades administrativas para la planificación ambiental: requisitos para el establecimiento de un sistema de gestión ambiental en Guatemala. Revista Interamericana de Planificación, Vol. XXIX, No. 113, Enero-Marzo 1997, pp. 79-100.

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

Gierhake, K.: Instrumente eines Umweltmanagements: das Beispiel Raumordnung in Bolivien, Giessen 1998

Gierhake, K.; Navarro, R; Muñoz, F.: Biodiversidad y Gestión de Recursos Naturales en Perú. Actores Institucionales y sus Responsabilidades. Análisis nacional y Aproximación al caso particular del Parque Nacional Manu, Córdoba 2000

Gierhake, K.: Umsetzung der Biodiversitätskonvention in nationale Politik und Planung - Ansätze auf dezentraler Ebene in Bolivien und Peru, en: Giessener Elektronische Bibliothek (GEB), Online Publikation: <http://bibd.uni-giessen.de/ghtm/2001/uni/p010003.htm>, Giessen 2001 a

Gierhake, K.: Institutionelle Akteure, Funktionen und Planungsinstrumente - Analyse grundlegender Faktoren für ein fachübergreifendes Konzept zum Umweltmanagement, das Beispiel Ecuador, en: Giessener Elektronische Bibliothek (GEB), Online Publikation: <http://bibd.uni-giessen.de/ghtm/2001/uni/p010005.htm>, Giessen 2001 b

GTZ: Marco global y estrategia global de implementación de Zonas de Amortiguación de Areas Protegidas (documento interno), La Paz 1998

GTZ. Documento de Sistematización del proceso de construcción del marco político y conceptual para el manejo de zonas de amortiguación de las áreas protegidas de Bolivia (documento interno), La Paz 1998

IUCN (The World Conservation Union): Protected Areas of the World, Vol. 4: Nearctic and Neotropical, Gland / Cambridge 1992

IUCN; WRI (World Resource Institute); UNEP (United Nations Environmental Programme): National Biodiversity Planning, Gland 1995

Marconi, M. (Ed.): Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia, Centro de Datos para la Conservación, La Paz 1992

Min.Agrí (Ministerio de Agricultura de la República del Perú): D.S. No 010-99-AG, Plan Director de las Areas Naturales Protegidas, Lima 1999

Min.Hacienda (Ministerio de Hacienda), Registro Nacional de ONGs en Bolivia, La Paz 1998

Miranda Chavez, C.: Acceso a Recursos Genéticos y Derechos de Pueblos Indígenas en Bolivia, La Paz 1997

MDSMA (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente - Secretaría Nacional de Planificación): Marco General para le Ordenamiento Territorial, La Paz 1997

Moscoso, A.: Bolivia. Bases Legales existentes y Decisión Política Relevante para la Gestión Ambiental, documentación de los trabajos de investigación no publicada, La Paz 2001

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo): Desarrollo Humano en Bolivia 1998, La Paz 1998

Pref.Sta. Cruz: Plan Departamental de Desarrollo (documento no publicado), Sta. Cruz 1998

RDS (Red de Desarrollo Sostenible de Bolivia): Listas de Miembros (documento interno), La Paz 1998

Rep. Bolivia (República de Bolivia): Proyecto Ley de Conversación de la Diversidad Biológica, 1992

Rep. Bolivia: Ley No. 1551, Ley de Participación Popular, 1994 a

Rep. Bolivia: Plan General de Desarrollo Económico y Social de la República, „El Cambio para Todos“, La Paz 1994 b

Rep. Bolivia: Constitución Política del Estado y sus Reformas La Paz 1994 c

Rep. Bolivia: Normas Básicas de los Sistemas: Nacional de Planificación, Nacional de Inversión Pública, Programación de Operaciones, La Paz 1995a

Rep. Bolivia: Decreto Supremo 24206 (Organización del Poder Ejecutivo a nivel Departamental), La Paz 1995 b

Rep. Bolivia: „Para vivir mejor“. Plan de Acción 1997 - 2000, La Paz 1997 a

Rep. Bolivia: Ley de Organización del Poder Ejecutivo, La Paz September 1997 b

Rep. Bolivia: Decreto Supremo No. 24833 (Estructura Organica de las Prefecturas de Departamento), La Paz September 1997 c

Rep. Bolivia: Decreto Supremo No. 24855 (Reglamento de la Ley de Organización del Poder Ejecutivo), La Paz September 1997 d

Rep. Bolivia: Decreto Supremo No. 24676, Reglamento de la Decisión 391 Regimen Común de Acceso a los Recursos Genéticos, La Paz 1997 e

## Actores Institucionales y sus Responsabilidades

Rep. Bolivia: Decreto Supremo No. 24676, Reglamento sobre la Biodiversidad, La Paz 1997 f

Rep. Bolivia: Implementación del Convenio sobre Diversidad Biológica - Primer Informe Nacional de Bolivia, La Paz 1997 g

Rep. Bolivia: Decreto Supremo No. 25158 (Creación del Servicio Nacional de Areas Protegidas), La Paz 1998 a

Rep. Bolivia: Plan Nacional de Integridad, La Paz 1998 b

Rep. Bolivia: Decreto Supremo No. 25055 (Normas Complementarias para el Decreto Supremo 24855), La Paz 1998 c

Ribeira, M.: Región Ecológica, in: Marconi, M. (Ed.): Conservación de la Biodiversidad en Bolivia, La Paz 1992, pp. 9 – 72

TCA (Tratado de Cooperación Amazónica): Legislación internacional sobre Diversidad Biológica y Propiedad Intelectual, Quito 1994

TCA: Sustainability of the Amazon Forest. Tarapoto Proposal, Lima 1995

Tovar, C.: Sistema de Patentes y Propiedad Intelectual en Bolivia (Informe de Consultoría no publicado, La Paz 1995

WCMC (World Conservation Monitoring Center) Global Biodiversity. Status of the Earth's Living Resources; London-Glasgow-Nex York-Tokyo-Melbourne-Madras 1992

UNEP (United Nations Environmental Programme): Convention on Biological Diversity, Nairobi 1992



Vista panorámica de la Ciudad



Zona semi-árida con terrenos erosionados

*Klaus Gierhake*

## El "Desarrollo Alternativo" en el proceso de transformación en Bolivia

Originally published: Revista Interamericana de Planificación, Vol. XXX, No. 117 – 118, Enero-Junio 1998, p. 198 – 226

### 1. Introducción

En Bolivia se implementaron desde 1985 una nueva política de desarrollo con objetivos ambiciosos, enfocando tanto el desarrollo económico como cambios institucionales y sociales. Para algunos de los programas que conformen este "procesos de transformación" se elaboraron los conceptos y lo implementaron sucesivamente. Refiriéndose a su impacto sobre la planificación multisectorial, merece mencionarse sobre todo: el ajuste de la economía nacional según objetivos del neoliberalismo, la descentralización administrativa y parcialmente política y, considerando las condiciones geográficas específicas, el "desarrollo alternativo".

El programa de ajuste económico sin duda mostró éxitos a nivel de la macroeconomía. Sin embargo, al mismo tiempo produjo costos sociales muy altos (e p.ej. Nohlen/Mayorga 1992). Las evaluaciones de este programa fueron realizados sobre todo en base a indicadores macro-económicos. No se investigaron los impactos sobre la estructura espacial de la economía boliviana y sus efectos secundarios. Las medidas implementadas desde 1994 dentro del programa de descentralización (p.ej. la participación popular) podrían transformarse en instrumentos para la gestión de estos impactos sobre la estructura espacial de la economía nacional. Tanto el ajuste económico como la descentralización tienen impactos sobre el país en general. En cambio, el desarrollo alternativo representa un paquete de proyectos con los cuales se quieren promover estructuras productivas diferentes a lo que existe hoy día dentro del complejo coca-cocaína.

Considerando que un programa de ajuste económico ya representa un proceso complejo con impactos, que no se pueden evaluar adecuadamente con los métodos tradicionales (p.ej. Nuhn 1995), el modelo de la "modernización del estado" boliviano exige todavía más otros enfoques de evaluación. Varios programas complejos conformen este proceso de transformación.

Por lo tanto, se deben investigar perspectivas y limitaciones de un proceso de transformación tan complejo en base a estudios de campo. El Trópico del Departamento de Cochabamba representa un caso apropiado, porque todos los tres programas mencionados arriba tienen impacto sobre esta zona. Además, el Trópico está dentro de estas regiones, que tienen alta prioridad para la política de desarrollo del estado. Esta prioridad se refleja en la inversión pública realizada desde 1985 y 1993, la cual llegó a un monto de aproximadamente 183 millones de dólares. Basándose en este monto alto, el análisis de los instrumentos de coordinación de todos estos proyectos apoyados y de los impactos sobre la estructura espacial de la economía regional tiene importancia.

Además, revisando la documentación que existe sobre proyectos en el Trópico y sus impactos respectivos, llaman la atención las observaciones siguientes:

- (a) el área bajo cultivo de coca se aumentó desde 1985 y 1993 de 33 165 hectáreas a 45 500 hectáreas, la producción subió de 58 918 a 90 558 toneladas de hojas (Blanes / Mansilla 1994). Por lo tanto se pueden concluir que no existe una relación directa entre el monto inversiones en proyectos del desarrollo alternativo y los resultados esperados, es decir la reducción de la producción de la coca.
- (b) Desde 1993 existe en Bolivia una Subsecretaria para Ordenamiento Territorial, teóricamente una entidad apropiada para elaborar los conceptos para gestionar los impactos sobre la economía espacial. Sin embargo, muy pocos de los documentos elaborados internamente lograron aceptación a nivel política. Revisando lo que fue elaborado, se nota que casi todos los trabajos quedaron en un nivel que describe un modelo del uso económico de los recursos naturales para cada región, sin tomar en cuenta cuales podrían ser los instrumentos para llegar a esta estructura modelo.

## 2. Objetivos y marco metodológico

Esta investigación tiene como objetivo analizar la compatibilidad entre los diferentes programas del proceso de transformación Bolivia. De esta manera, se quiere complementar las evaluaciones que existen, la mayoría de aquellas con fuerte énfasis sobre aspectos agro-económicos, sobre los impactos del desarrollo alternativo en el Trópico de Cochabamba. Considerando la metodología, esta investigación se concentrará a investigar la plausibilidad de la base legal, los conceptos de desarrollo elaborados y las competencias administrativas que existen.

Basándose en este objetivo principal, se analizarán aspectos analítico-cualitativos, porque:

- la discrepancia entre los fondos financieros invertidos y el desarrollo del área bajo cultivo de coca no tiene explicación en términos cuantitativos y, además, indica déficits dentro de la base conceptual del desarrollo alternativo,
- las evaluaciones tradicionales, basadas en modelos cuantitativos / agro-económicos, solo tomaron en cuenta una parte de los impactos logrados,
- se iniciaron el proceso de la descentralización solo recién y, como consecuencia no se pueden evaluar sus impactos en términos cuantitativos,
- la economía regional en el Trópico de Cochabamba muestra dos sistemas diferentes, la formal (legal) y la informal (parte de aquella ilegal),
- no existe documentación accesible sobre los flujos de capital dentro de la economía del Trópico.

Tomando un enfoque analítico-cualitativo como referencia, se quiere enfocar sobre todo las responsabilidades administrativas, tanto en términos espaciales como sectoriales, como un factor determinante para operacionalizar la estrategia de desarrollo y, la compatibilidad de los objetivos de los diferentes programas dentro de una región.

Por lo tanto, no se profundizará un análisis de las estructuras de poder político y social, incluyendo el proceso de decisión e implementación a nivel político. Como consecuencia, no se toma en consideración los efectos de la Ley de la Participación Popular (el rol de los municipios nuevos), ni un análisis de la capacidad que tienen la sociedad, el gobierno a la administración para implementar tantos cambios estructurales en un tiempo limitado. Sin duda, se trata de aspectos importantes para entender el proceso de transformación en Bolivia. Sin embargo, para estos aspectos

se requiere instrumentos de investigación específicas de las ciencias sociales.

Principalmente se puede trabajar sobre la hipótesis que se efectúan la planificación y la administración del desarrollo en tres niveles, las cuales son: el nivel macro (el estado central), el nivel meso (los Departamentos) y el nivel micro (los municipios).

Para cada nivel de planificación se pueden definir objetivos específicos. En el nivel macro se deben acordar los objetivos principales y el marco general de la administración y de la política económica. Lo que se elaboraron como "Objetivos específicos" dentro del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social responden a este requerimiento teórico. Implementando estos objetivos automáticamente tendrá impactos sobre la estructura espacial de la economía. Para la gestión de estos impactos, la planificación regional representaría un instrumento apropiado dentro de un concepto de la descentralización. De todas maneras se requiere decisiones fundamentales sobre las estrategias principales del modelo para ser implementado, para las cuales existen las alternativas siguientes:

**Cuadro 1: Modelos de planificación del desarrollo en Bolivia en comparación**

**(1) Análisis de las debilidades actuales y conflictos de futuro**

- a) fragilidad de la estructura económica nacional
- b) desequilibrios de la economía externa
- c) inequidad social
- d) manejo inapropiado de los recursos naturales

**(2) Objetivos estratégicos**

- a) integración de Bolivia en desarrollo internacional
- b) transformación de la estructura económica
- c) formación, democratización
- d) aprovechamiento racional de los recursos naturales

**(3) Las principales políticas**

- (3.1) Estímulos para la transformación productiva: incentivos para la inversión privada, privatización de empresas estatales, fomento de la productividad y conectividad, a través de: fomento tecnológico, capacitación profesional, fuentes alternativas de financiamiento, sustitución de la economía de la coca: fomentar el desarrollo alternativo, acceso a mercados nuevos, protección al medio ambiente, mayores recursos técnicos y financieros, reducción de la

- producción de la Coca, elaboración e implementación de un Plan de Desarrollo Integral para el Trópico
- (3.2) Mantenimiento de la estabilidad macroeconómica: incrementar el ahorro interno y disminuir el déficit estatal, - aumentar la presión tributaria, - conseguir disciplina en la ejecución del gasto, desarrollar instrumentos de la política fiscal y del uso de los recursos naturales, reforma del sistema financiero, reorientación de la inversión pública, priorizando la infraestructura técnica y social, desarrollo tecnológico
- (3.3) Reversión de la brecha externa: fomento integral de las exportaciones de bienes y servicios, aprovechamiento de los mecanismos de integración y cooperación internacional, vinculación internacional de las redes de transporte (corredores de producción y de exportación, interconexión de las redes de distribución de energía con los países vecinos, fomentar el uso de fuentes energéticas regenerativos
- (3.4) Desarrollo humano: diversidad cultural del país, educación primaria y técnica, extender los servicios de atención de salud en el nivel básico, mejorar las condiciones de habilidad, educación ambiental
- (3.5) Desarrollo integral rural y urbano: dinamizar la economía campesina: redistribución de la tierra, consolidación de la propiedad, elaborar prioridades de inversión en la infraestructura productiva, asesorar en tecnologías nuevas, electrificación rural, reorientación del proceso migratorio rural - urbano, apoyar a la población urbano – periférica, mejor la gestión municipal
- (3.6) Incremento de la legitimidad del Estado y del sistema político: modificar la relación entre el Estado, el sistema político y la sociedad civil, optimización de las funciones del Estado: descentralización de las competencias, distribución adecuada de las competencias de planificación
- (3.7) Conservación de los recursos naturales y preservación del medio ambiente: fortalecimiento institucional y conceptual, racionalización del uso, manejo y conservación de los recursos naturales
- mejoramiento de la calidad ambiental, evaluación del marco legal para el uso de los recursos naturales, promoción y consolidación del sistema nacional de áreas protegidas, consolidar los mecanismos para controlar la calidad ambiental, poner incentivos para exportar

productos de la biodiversidad, sin perder la soberanía nacional sobre aquellos

**(4) Medidas prioritarias**

- a) fomento a la construcción con inversión pública
- b) aumento y diversificación de la producción, mejor productividad y capacidad de competencia
- c) fomento a la educación primaria y secundaria, amplia democratización en la planificación del desarrollo
- d) aprovechamiento racional los recursos naturales; relación armónica entre población y oferta de recursos

**(5) Referencias territorial y espacios específicos de planificación:**

superficie nacional, dividida en 9 partes: Amazonía, Llanos de Mojos, Llanos de Santa Cruz Chiquitanía, Chaco, Valles, altiplano norte, altiplano sur, yungas. los planos departamentales serán elaborados por las CORDES.

**(6) Necesidades formuladas para la concertación (sobre superficies horizontal y vertical**

- a) plan nacional de ordenamiento territorial como instrumento de concertación de intereses divergentes
- b) planes departamentales y comunales serán elaborados

Fuente: elaboración propia

Para la gestión de estos impactos, la planificación regional representaría un instrumento apropiado dentro de un concepto de la descentralización. De todas maneras se requiere decisiones fundamentales sobre las estrategias principales del modelo para ser implementado, para las cuales existen las alternativas siguientes:

- a) Estrategias principales para desarrollar la estructura espacial de la economía
- b) "Integración" y/o "Separación" en/de los mercados nacionales e internacionales.
- c) Desarrollo "desde arriba" o "desde abajo" tomando (c1) los niveles jerárquicos de planificación y decisión o (c2) la localización de la inversión pública según categorías espaciales como criterio.
- d) "Saneamiento" activo o pasivo, (d1) activo: concentrando los fondos disponibles en regiones marginadas (d2) pasivo: impulsar la emigración desde las regiones marginadas con presión poblacional a través un política de localizar fondos disponibles a propósito fuera de estas regiones.

- e) "Regiones con un equilibrio de funciones diferentes" o "Concentración de funciones específicas en las regiones según sus ventajas comparativas para realizarlas eficientemente"

Se debe trabajar sobre la hipótesis que ninguna de las cuatro alternativas estratégicas exista en la realidad como modelo auténtico y, que la integración de elementos parciales de las alternativas mencionadas para conformar una política es factible. Sin embargo, si se quieren integrar elementos de varias alternativas estratégicas, esto requiere planificar los instrumentos y las medidas concretas de todos los sectores en términos espaciales para lograr efectos cinéticos y evitar contradicciones. Como consecuencia, hay que precisar las responsabilidades administrativas, tanto en términos espaciales como sectoriales en cada nivel de planificación.

Basándose en el objetivo de una descentralización administrativa y política, una definición de las responsabilidades para los niveles macro y meso es necesario como primera etapa de trabajo. En este sentido, las instituciones del estado central deben ser involucrados en el proceso de discutir y priorizar las estrategias principales para estructurar la economía espacial. Las instituciones departamentales, por su parte, deben elaborar la integración espacial de los diferentes sub-programas que conformen la estrategia de desarrollo antes acordado. Aspectos prioritarios para ser tratados por las instituciones departamentales abarcan como p.ej.: el potencial propio de espacio para cual se planifica (recursos naturales, estructura económica, poblacional, social etc.), las funciones que debe tomar este espacio en relación con otras regiones / departamentos y el estado central, la definición de los sectores claves para el desarrollo regional; los criterios del ordenamiento territorial en el futuro que se pueden desarrollar en base a el análisis de la situación actual (centros, ejes, espacios de tratamiento específico). Para lograr resultados a nivel de la implementación, se requieren instrumentos con los cuales se puede influir la estructura espacial de la economía.

En el nivel comunal se deben elaborar los planes de uso de suelo, transformando de tal manera los lineamientos nacionales y regionales en reglas concretas para usar y/o proteger el medio ambiente. Criterios para precisar el uso de suelo permitido deben abarcar los siguiente: espacio urbano, su forma de uso y la intensidad (zonas residenciales, infraestructura técnica y social, transporte y comunicación), Agricultura y uso forestal, limitaciones de uso, efectos provocados por la actividad minera y de hidrocarburos, protección y rehabilitación, espacios con formas de uso

reservados por el nivel central y regional (p.ej. instalaciones militares, rutas nacionales....). Una vez terminado este trabajo, también en nivel comunal se deben elaborar los instrumentos necesarios para implementar esta política de uso del suelo y para supervisar si se cumplan con la planificación.

### **3. Administración pública y planificación de desarrollo en Bolivia**

Bolivia se divide administrativamente en el Estado central, los Departamentos, las Provincias, las Secciones de Provincias y los Cantones. Recién en 1994, a través del Ley de la Participación Popular, se crearon los municipios en todo el territorio nacional (Rep. de Bolivia 1994 b). Hasta 1993 la administración pública se caracterizó por estructuras fuertemente centralizadas con una concentración de competencias de planificación y decisión a nivel de los Ministerios nacionales (Nohlen/Mayorga 1992). Las Corporaciones de Desarrollo Regional (CORDES) representaron un intento para establecer una estructura horizontal de la administración pública. Sin embargo, su impacto sobre la planificación de desarrollo quedó reducido (Blanes 1993, Gierhake 1993).

En el año 1993 se reorganizaron la administración pública profundamente, estableciendo Ministerios nuevos, a los cuales se pasaron las competencias de las numerosas "entidades autónomas" que antes trabajaron con mucha autonomía. A nivel de los Departamentos se iniciaron el proceso de la descentralización con el establecimiento de los Gobiernos Regionales en Enero de 1996 (Rep. de Bolivia 1995 b).

El cuadro siguiente las estructuras de la administración pública, las cuales están de importancia dentro del marco de este estudio. Considerando que se trata de un proceso todavía no terminado, hay que calcular con cambios.

<b>Cuadro 2: Responsabilidades de la administración pública para la planificación territorial</b>		
Ministerio de Desarrollo Humano (MDH)	Sec de Participación Popular - Subsecretaria de Desarrollo Provincial y Rural	- Planificación municipal (Participación Popular)
Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (MDSMA)	Se. Nacional de Planificación	
	- Subsecretaria de Estrategias de Desarrollo	Plan de Desarrollo Económico y Social
	- Subsecretaria de Ordenamiento Territorial	Plan de Ordenamiento Territorial (Plan de Uso del Suelo, Plan de Ocupación del Suelo)
Ministerio de Gobierno	Sec. de Defensa Social Subsecretaria de Sustancias Controladas	- financiar programas y proyectos para la sustitución de la coca, - diseñar e implementar política nacional para sustitución de la coca, - elaborar un plan de operación implementar la sustitución, - gestionar los proyectos bi- y multinacionales, - colaborar con proyectos sectoriales
Gobiernos Regionales		Plan de Desarrollo Departamental Plan de Ordenamiento Territorial Departamental Apoyo al Desarrollo Municipal
Municipios		Plan de Desarrollo Municipal

Fuente: Recopilación de varios materiales no publicados del MDSMA y de Rivera Ibañez.

En algunos parte del país, los "Consejos Provinciales", como entidad con competencias dentro de la planificación regional para un espacio más limitado, ganaron importancia notable (los ejemplos de Chuquisaca, de la provincia de Mizque / Cochabamba). Sin embargo, aparentemente se trata de una tendencia excepcional. Tomando en cuenta las modificaciones efectuadas desde 1993, este cuadro tiene carácter momentáneo y solo refleja las estructuras principales.

Refiriéndose al caso del Trópico de Cochabamba, se debe tomar en cuenta que no se modificaron las competencias para el "desarrollo alternativo" con la reorganización de la administración pública en el año 1993 (Rivera Ibañez). Como consecuencia se permitieron la existencia de una "zona gris", donde falta una definición de competencias entre las instituciones del Estado central, del nivel departamental y municipal. Las Organizaciones No-Gubernamentales juegan un papel importante en la planificación de desarrollo y su implementación en el Trópico. En el año 1995 se registraron en la provincia Chapare 22 ONG diferentes implementando 32 proyectos, en la provincia de Carrasco fueron 21 ONG con 30 proyectos (MDH). Solo se tiene conocimientos parciales sobre los objetivos de estas instituciones, el avance de sus actividades y los impactos respectivos sobre el Trópico.

Esta estructura administrativa se explica por un lado históricamente y, por otro lado, por las estrategias de mantener una influencia política-social que están relacionadas con el modelo del desarrollo alternativo. Entre las causas históricas merece mencionarse sobre todo:

- la comunicación tanto entre el Estado central y los Departamentos como entre los diferentes Departamentos siempre quedo reducido,
- se careció de un marco normativo para facilitar una comunicación operacional entre las instituciones centrales y departamentales,
- la política no adaptó la administración pública a los nuevos movimientos sociales que aparecieron en varios Departamentos,
- no se desarrollaron en ningún departamento una estructura propiamente regional de la administración pública (Blanes / Galindo 1993).

## El "Desarrollo Alternativo" en el proceso de transformación en Bolivia

En cuanto a las causas relacionadas con las estrategias del desarrollo alternativo hay que recordarse:

- tres Ministerios diferentes tienen competencias para poner el marco principal del desarrollo económico. Dentro de aquellos, el Ministerio de Gobierno asumió (teóricamente) su rol excepcional en el Trópico de Cochabamba. (Trabajos propios en Bolivia 1995),
- las entidades internacionales en la zona no acordaron objetivos comunes, lo cual resultó en cierta competencia inter-institucional,
- la burocracia estatal compleja está confrontada en el Trópico con los "Sindicatos" que lograron establecer una fuerza decisiva en términos administrativos, personales y políticos (Blanes / Mansilla 1995).

Tomando esta estructura administrativa como base, es previsible que aparezcan conflictos. Aquellas se articulen sobre todo en el nivel político. Merece mencionarse como ejemplos:

- (en el nivel del Estado central): la publicación de lineamientos generales para la planificación multisectorial que no fueron acordados anteriormente con los demás Ministerios / Secretarías que tienen competencias en esta temática,
- (en el nivel departamental y municipal): la cantidad de los casos de cuestionar la delimitación actual, reclamando un territorio más amplio (trabajos propios 1995),
- (en el Trópico): el proceso constante de discusión entre los representantes del Estado y de los sindicatos sobre los objetivos y actividades del desarrollo alternativo, que no trataron problemas centrales y, que aparentemente no interpretaron suficientemente la motivación política de los sindicatos ("coca como instrumento de la lucha anti-imperialista", Blanes / Mansilla 1994).

Esta estructura de la administración pública pone la base para cualquiera planificación de desarrollo. Principalmente la Constitución establece el mandato que debe tomar el Estado en la planificación de desarrollo en Bolivia (Rep. de Bolivia 1994a). En base a este mandato, se definieron tres niveles principales de planificación (central, departamental, comunal). En cada nivel se deben elaborar un Plan de Desarrollo Económico y Social y, al mismo tiempo, un Plan de Ordenamiento Territorial. El primero existe formalmente aprobado a nivel nacional. Sin embargo, no se cumplieron con la segunda parte, un Plan de Ordenamiento Territorial. Lo que existe como documento interno de un Plan de Ordenamiento Territorial quedó como

descripción de una modelo ideal para el uso económico de espacios diferentes<sup>1</sup>. En ninguna parte de este documento se hace referencia a los instrumentos con los cuales se quieren lograr que se cumplan con lo que fue planificado.

**Cuadro 3: Planificación regional dentro del marco del Sistema Nacional de Planificación**

- 1) Delimitación de las competencias:
  - 1.1) observación general: proyectos departamentales, corresponden al ámbito de acción de las prefecturas. Su área de influencia sobrepasa la jurisdicción y la capacidad de inversión de los municipios. Proyectos nacionales se definen según la cobertura de sus impactos y/o la relevancia de los objetivos perseguidos.
  - 1.2) observaciones específicas: La planificación regional se concentrará sobre: construcción y mantenimiento de carreteras, caminos secundarios y aquellos concurrentes con los Gobiernos Municipales; electrificación rural, infraestructura del riego y apoyo a la producción; investigación y extensión técnico-científico; conservación y preservación del medio ambiente; promoción del turismo; programas de fortalecimiento municipal y otros concurrentes con los Gobiernos Municipales.
- 2) Contenido del Plan de Desarrollo Regional: Comprende dos partes principales, el diagnóstico y la propuesta de desarrollo (sistematizada en objetivos, políticas y programas). El diagnóstico implica identificar las necesidades, los obstáculos y limitaciones al desarrollo y las potencialidades. La propuesta de desarrollo comprende programas, planes y proyectos con impactos sobre el Departamento, con importancia para más que un municipio y para más que un Departamento.

---

<sup>1</sup> Cartográficamente se elaboraron a escala 1 : 8 millones los mapas siguientes: uso potencial de los recursos naturales renovables, diferenciando agricultura intensiva, agricultura extensiva, agropecuario, economía forestal, uso limitado, aprovechamiento del agua y de los salares), uso actual y potencial de los 14 minerales más importantes, reglamento existentes sobre la tenencia de la tierra (reforma agraria, áreas protegidas, colonización agraria, concesiones forestales, concesiones petroleras, concesiones mineras), tamaño promedio de las propiedades agrícolas a nivel de provincias, servicios sociales y comunales a nivel de provincias, infraestructura técnica.

- 3) Competencias institucionales y necesidades de coordinación. El diagnóstico debe ser elaborado por la Unidad Técnica de Planificación departamental. La propuesta de desarrollo debe ser elaborado por la Unidad Técnica de Planificación departamental, en coordinación con la Secretaria Nacional de Planificación. La priorización de los proyectos de inversión pública, propuesta por la Unidad Técnica Departamental, necesita aprobación por la Secretaria Nacional de Planificación. Finalmente, el Consejo de Desarrollo Nacional aprobará la priorización de estos proyectos.
- Los Planes de Desarrollo Departamental deben territorializar los objetivos y políticas definidos en el Plan General de Desarrollo Económico y Social de la República, los deben integrar la visión de desarrollo a largo plazo del país.
- En la elaboración de los Planes Departamentales de Desarrollo deben ser integrados los sectores organizados de la sociedad civil departamental. La coordinación de los diferentes Planes de Desarrollo Municipal se efectuará a través de los Consejos Provinciales.

Fuente: recopilación en base a Rep. de Bolivia 1995 d

Los lineamientos principales para la planificación multisectorial a los niveles departamental y municipal están recopilados en el Cuadro 4.

<b>Cuadro 4: Disparidades espaciales en el Departamento de Cochabamba</b>				
Provincia	Esperanza de vida (en %)	alfabetización (en %)	atención promedio al colegio (en años)	Producto bruto interno (per capita / en dólares)
Cercado	68,71	93,04	9,59	1220
Quillacollo	66,28	84,28	7,58	1004
Chapare	61,17	77,05	5,66	886
Punata	61,17	74,43	5,97	769
Jordan	56,75	76,25	5,90	800
Carrasco	59,80	69,33	4,91	767
Tiraque	64,12	66,67	4,57	523
Esteban Arze	58,47	58,64	5,25	637
Campero	62,45	61,26	5,15	484
Capinota	58,46	60,81	5,16	532
Arani	54,65	62,08	5,15	631
Ayopaya	52,58	51,84	4,49	563
Mizque	58,46	47,89	4,76	558
Tapacari	57,71	40,63	3,96	377
Arque	52,31	33,81	4,03	394
Bolívar	50,34	43,90	3,93	341
Dept. Cochabamba	63,71	78,81	4,86	928
<b>Bolivia</b>	<b>61,93</b>	<b>79,92</b>	<b>4,10</b>	<b>931</b>

Fuente: Laserna, R. et al. 1995

Sin duda, definiendo las responsabilidades administrativas de tal manera para los tres niveles de planificación representa un avance significativo. Sin embargo, quedó sin solución como se coordinarían el Plan de Desarrollo Económico y Social y el Plan de Ordenamiento Territorial. Sin embargo, aparte de este problema de carácter político, merece mencionarse otros aspectos estructurales relacionados con el proceso de planificación multisectorial que requieren un tratamiento más detallado:

## El “Desarrollo Alternativo” en el proceso de transformación en Bolivia

- cuáles serán los contenidos mínimos que deben ser tratados en un Plan de Desarrollo Departamental y Comunal (refiriéndose tanto al Plan de Desarrollo Económico y Social como al Ordenamiento Territorial)?
- quién tiene la responsabilidad para aprobar la calidad técnica de los Planes de Desarrollo?
- cuáles serán los mecanismos de coordinación y comunicación en términos verticales y horizontales?
- qué alcance tienen dentro de este sistema Planes de Desarrollo elaborados para partes de un Departamento (un provincia, el caso del Trópico conformado por partes de tres provincias)?
- cuáles estarán los instrumentos para incentivar la economía privada que se cumplan con los objetivos de la planificación estatal?
- qué competencias queden para el Departamento de Cochabamba y los municipios del Trópico si el Ministerio de Gobierno aumente su influencia en el Trópico?

#### 4. Elementos del proceso de transformación en Bolivia y sus impactos sobre la estructura espacial de la economía

El Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hace referencia a los elementos principales de los procesos de transformación (Cuadro 1). Cuáles podrían ser los impactos sobre la estructura espacial de la economía se quieren analizar en base a ejemplos:

##### 1) Ajuste económico

Este elemento del proceso de transformación tiene como objetivo principal la reducción masiva de la influencia estatal sobre la economía boliviana. Los componentes de este programa económico neoliberal fueron analizados (Nohlen / Mayorga 1992) y, como resultados principales se pueden resumir:

- la mayoría de las empresas estatales fueron privatizado,
- como consecuencia de este proceso una serie de empresas con poca rentabilidad en el pasado fue cerrado
- casi todos los instrumentos existentes para influir la movilidad de los factores de producción en el espacio fueron borrados,
- el Estado se concentró la inversión pública en los sectores de la infraestructura de transporte y la producción de energía,
- basándose en la estabilidad económica y política Bolivia se transformó a un beneficiario preferido para la cooperación técnica y financiera internacional.

Analizando los impactos espaciales de esta política, de muestra claramente que las regiones marginadas (como Oruro y Potosí, caracterizados por la minería y la agricultura de subsistencia) casi no cuentan con proyectos de inversión pública. Por su lado, toda la región que se encuentra en este eje de desarrollo identificado como prioritario (La Paz - Cochabamba - Santa Cruz) atrajeron la gran mayoría de proyectos de inversión pública. Este panorama mejorará las ventajas de localización para las empresas establecidas en este eje de desarrollo, sobre todo agroindustria y procesamiento de la madera. A mediano plazo esta política impulsará una concentración de las actividades económicas y de la población en algunas pocas regiones.

## **2) Descentralización de las estructuras de administración y planificación**

En comparación con otros programas de transformación económica en países diferentes, en el caso de Bolivia este proceso fue acompañado por una profunda reforma administrativa. De tal manera se pusieron una base para democratizar las estructuras de la sociedad y ampliar las posibilidades de participación política para una gran parte de la población boliviana (Cuadro 1). Los resultados de la descentralización se pueden resumir de la siguiente manera:

- se definieron competencias precisas dentro de la estructura horizontal de la administración pública ( Rep. de Bolivia 1994 b, La Razón 11.11.1995, Cuadros 3 y 4),
- faltan reglamentos que facilitan la operacionalización eficiente de esta base legal y administrativo,
- en cuanto a la integración de aspectos del ordenamiento territorial merece mencionarse sobre todo: no se prevén modificaciones de la delimitación territorial, la cual hace previsible que siguen tener importancia las "perdidas de fricción" conocidas; no se cuenta con instrumentos para analizar y modificar los impactos sobre la estructura espacial de la economía,
- el Trópico de Cochabamba, la política de descentralización solo parcialmente trae impactos, siempre y cuando los lineamientos básicos de la "Ley 1008" queden vigentes en su forma actual.

Las experiencias actuales sobre planificación de desarrollo descentral están de carácter aislado (p.ej. de Santa Cruz a nivel departamental, las provincias altas de Cochabamba a nivel municipal). Merece mencionarse, que en estos casos el aumento de competencias de planificación puso una base, aparente mejorada, para pedir fondos del Estado central. La descentralización teóricamente podría ser transformada en un instrumento con lo cual se equilibre las tendencias visibles de la centralización. Si esta perspectiva ser pueda volver real, esto depende de los instrumentos para una política económica elaborada y los objetivos acordados para le política de desarrollo en general.

### 3) Desarrollo Alternativo

Los proyectos de este programa se concentran sobre las zonas de producción de la coca, sobre todo a la llamada "zona de transición", la zona de colonización agrícola en las provincias Chapare, Tiraque, Carrasco, Arani (Departamento de Cochabamba) y las parte tropicales de las respectivas provincias en el Departamento de La Paz. Parcialmente se integraron algunas zonas de emigración principal hacia el Trópico en el desarrollo alternativo.

La "Ley 1008" representa la base legal para estas actividades, definiendo como puntos fundamentales:

- (a) producción legal / ilegal: lo que cubre el consumo local y esta producido en propiedades pequeñas tiene carácter legal, todo que sobrepasa esta cantidad se estimare como producción ilegal. Sin embargo, no de definieron montos cuantificables para el consumo tradicional,
- (b) la zona de producción legal incluye los Yungas de La Paz y de Vandiola (Departamento de Cochabamba), la zonas de transición (arriba) implica la reducción anual de la superficie bajo cultivo de coca, toda producción fuera de estas regiones tiene carácter ilegal,
- (c) todo el procesamiento de la coca para cocaína y sus derivados esta estrictamente ilegal en cualquiera de las zonas (Rivera Ibañez 1993).

Sin duda alguna, el Trópico de Cochabamba está dentro de la zona de transición. Esto trae como consecuencia automática una reducción anual de la superficie bajo cultivo de coca, un objetivo difícil para cumplir porque esta región atraje una gran parte de la migración interna de Bolivia (Blanes 1993 a, Blanes / Mansilla 1994). Todos estos migrantes buscan formas de sobrevivir y, parece ser que solo cultivos con una rentabilidad como aquella de la coca pueden asegurar una capacidad de carga poblacional como la actual (Painter 1994 para un análisis económica de proyectos concluidos).

Los impactos del desarrollo alternativo sobre la estructura espacial se pueden resumir de la siguiente manera:

- todas las obras de infraestructura social y técnica mejoraron la base que ofrece el Trópico como localización económica. La disponibilidad de energía la mejoró esta base todavía más.
- todos los fondos con los cuales se subvencionaron la producción agrícola representan "incentivos. Considerando el monto de estos fondos y,

## El “Desarrollo Alternativo” en el proceso de transformación en Bolivia

considerando que no existen muchos de estos incentivos en Bolivia, los impactos teóricamente deben ser altos.

- sin embargo, el hecho que no se tomaron en cuenta suficientemente el análisis de la demanda por los productos del desarrollo alternativo en los mercados (Painter 1994) neutralizará estos impactos positivos a mediano plazo,
- el déficit de elaborar más detalladamente las responsabilidades administrativas y, la falta de presencia institucional todavía está neutralizando los impactos teóricamente positivos más.
- como consecuencia se puede resumir que no se lograron poner incentivos para cambiar la estructura espacial de la economía regional en el Trópico a través de todos los proyectos del desarrollo alternativo. Por un lado, la producción de la coca se mantuvo en un nivel alto y, por otro lado, no se pueden lograr un encadenamiento hacia atrás y/o adelante en base a todos los proyectos de infraestructura. Tampoco se pudieron establecer una base para diversificar la estructura económica de la región.

## 5. Cochabamba como foco para la implementación de los diferentes elementos estratégicos en el proceso de la transformación

### 5.1 Recursos naturales y disparidades espaciales

El Departamento de Cochabamba se divide principalmente en tres regiones geográficas: el Altiplano, los Valles y el Trópico. Dentro de estas tres regiones se pueden observar una marcada diversidad ecológica, para la cual las "zonas de vida" representan un indicador ilustrativo. En total se identificaron 24 zonas de vida, 17 de aquellas se encuentran en esta parte del Trópico que se están colonizando (PAFT 1995).

Los sistemas de uso de los recursos naturales practicados en diferentes partes del Departamento también muestran discrepancias muy marcadas. Merece mencionarse sobre todo: los sistemas rudimentarios de producción agrícola en las provincias altas (Arque, Ayopaya, Bolívar, Tapacari), la agricultura y agroindustria moderna en el Valle central y la extracción excesiva de los recursos naturales en la parte tropical. Los productos agrícolas del Trópico comprenden, aparte de la coca, sobre todo plátanos, piña y maracuyá (Ruppert 1990, Weil / Weil 1993, PDAR 1994, Painter 1994 para más detalles sobre la agricultura). Merece recordarse como perspectiva para el desarrollo de la economía regional, que desde 1995 el Trópico se volvió en el productor más grande de hidrocarburos en Bolivia.

Las estadísticas socio-económicas reflejan también disparidades intra-departamentales pronunciadas (Cuadro 5). Mientras se observan indicadores siempre mejor que el promedio nacional en las provincias de en el Valle Central, las mismas cifra para las provincias altas solo llegan a 30 - 50% de los promedios nacionales. Los indicadores socio-económicas positivos para el Trópico llaman la atención (Rep. Bolivia 1995 c).

El hecho de que se producen 50% del PBI en las provincias de Cercado y de Quillacollo, otras 16% en las provincias de Carrasco y del Chapare refleja también la intensidad de las disparidades económicas intra-departamentales (Lucerna et al. 1995).

Como consecuencia de estas disparidades socio-económicas se pueden observar flujos migratorios. Se calculan una inmigración de alrededor de 300 000 personas hacia el Departamento de Cochabamba desde el año 1976, el las cuales una tercera parte se dirigió directamente en el Trópico (Laserna et al. 1995).

## El “Desarrollo Alternativo” en el proceso de transformación en Bolivia

al. 1995, Blanes 1993). No se tiene conocimientos precisos sobre la "migración en etapas" dentro del Departamento de Cochabamba.

Considerando que no se dispone cifras precisas sobre la migración, hay que trabajar sobre las base de hipótesis para analizar los motivos de los inmigrantes. Merece mencionarse como resumen lo siguiente:

- la mayoría de los inmigrantes en el Trópico no están dentro de las capas sociales de pobreza extrema, sino se trata de gente joven, comparativamente bien informado y capacitado, sobre todo de las provincias marginadas del Altiplano.
- en la mayoría de los casos se trata de una migración periódica. Por un lado, la tiene como objetivo un progreso económico y, por otro lado, no se quieren dejar formalmente sus propiedades en las tierras de origen.

<b>Cuadro 5: El Plan de Desarrollo Regional de Cochabamba</b>			
<i>1) Problemas estructurales y potenciales de mayor alcance para el desarrollo</i>			
<i>Problemas</i>	<i>Potenciales</i>	<i>Metas (Políticas)</i>	<i>Proyectos</i>
- Debilidad del aparato productivo	- Capacidad organizativa y productiva de la población	- Fomento de la productividad y la competitividad	- Investigación y manejo técnico agrícola - Desarrollo centros productivos
- El complejo coca-cocaína		<i>(Desarrollo alternativo)</i>	<i>(impulsar actividades con todos los proyectos del PDAR)</i>
- <i>(Disparidades socio-económicas intrar-regionales)</i>		- Promover mayor igualdad entre zonas urbanas y rurales en servicios de salud	- Plan de Ordenamiento Territorial (PLOT) - Programa de saneamiento básico
		- Mejorar las condiciones de vivienda - Impulsar microempresas sobre todo en Ayopaya	- Redes de servicios básicos - Proyecto PROSANA

## Gierhake

<i>Problemas</i>	<i>Potenciales</i>	<i>Metas (Políticas)</i>	<i>Proyectos</i>
- Deficiente integración vial	- Gran potencial para la integración nacional e internacional por la red caminera. - Ubicación central entre Atlántico y Pacífico, entre MERCOSUR y Pacto Andino.	- Mejorar los caminos de Cbba a 1) Inquisivi, 2) Norte Potosí, 3) Chuquisaca, 4) Beni - Conexión con red ferroviaria de Sta Cruz - Habilitación de una hidrovía al Atlántico	- Construcción camino a Inquisivi - Construcción camino a Norte Potosí
- Inadecuada división administrativa		- Apoyar la descentralización. - Establecer mecanismos para la gestión del desarrollo.	- <i>(Fortalecimiento Municipal).</i> - Organización institucional Yuracaré-Yuqui
- Falta de coordinación institucional		- Fortalecer las instancias del Estado y de la sociedad civil. - Racionalizar la administración pública	

El “Desarrollo Alternativo” en el proceso de transformación en Bolivia

<i>2) Problemas específicos potenciales de de alcance limitada para el desarrollo</i>			
<i>Problemas</i>	<i>Potenciales</i>	<i>Metas (Políticas)</i>	<i>Metas (Políticas)</i>
- Manejo inapropiado de los recursos naturales	- Producción frutas en Valle alto y bajo - Frutas tropicales en el "Trópico" - Floricultura en los Valles Alto y Central - Producción de semillas mejoradas en el Valle Central y Bajo - Producción de semillas mejoradas de papa en la zona andina - Avicultura y Lechería en los Valles	- Fomentar la exportación <i>(Analizar sistemas de aprovechamiento sustentable)</i> - Fomentar la exportación	- Sistemas de riego Sacaba - Sistemas de riego Ti-uipaya - Aprovechamiento Río Viloma - Represa Angostura
- Falta de conocimiento sobre recursos naturales.	- Gran potencial forestal en el "Trópico"	- Elaborar plan Ordenamiento Territorial - Inventariar los recursos hídricos y forestales. <i>(Definir necesidades de protección)</i>	<i>(Plan de Acción Forestal)</i> - Manejo integral del bosque - Apoyo uso racional de la madera <i>(Plan Uso del Suelo, Plan Ordenamiento Territorial)</i>
- <i>(Sistemas de comercialización y de servicios de apoyo ineficientes)</i>		- Incrementar productividad de la industria - Modernizar la comercialización y los servicios de apoyo	- Diseño y fuentes de redes de comercialización

Gierhake

<i>Problemas</i>	<i>Potenciales</i>	<i>Metas (Políticas)</i>	<i>Metas (Políticas)</i>
	- Energía eléctrica, sobre todo en el Valle Central y en el "Trópico"	- Vender energía en el mercado nacional - Vender energía a Chile, Brasil y Argentina	
	- Hidrocarburos en el Trópico	- Incentivar una industria petroquímica - Desconcentrar la industria en el Valle	
- Desequilibrios en la distribución poblacional	- Cuatro ciudades intermedias (Punata Aiquile, Capinota, Ivirgarzama)	- Inversión social para estas ciudades. - Políticas selectivas para migrantes.	
	- Centro vinculación aérea nacional y posibilidades de internacionales - Acceso al Atlántico por vías fluviales.		
<i>Problemas</i>	<i>Potenciales</i>	<i>Metas (Políticas)</i>	<i>Metas (Políticas)</i>
	- Recuerdos arquitectónicos precolombianos, coloniales y postcoloniales, - Potencial ecoturístico en los valles y en el trópico.	- Difusión de información - Programas para la población local - Usar infraestructura hotelera de Cbba - Promover excursiones a lugares del Valle	- Turismo Incallajta - Turismo Totora y Toro-toro - Desarrollo turístico trópico.

En cursiva: Contribuciones del autor en base a estudio de campo en la zona.

Fuente: Recopilación propia en base a CORDECO 1995.

## El “Desarrollo Alternativo” en el proceso de transformación en Bolivia

- como consecuencia, las formas de uso de los recursos naturales en el Trópico están orientadas a generar algún beneficio en tiempos muy cortos, equivalente en muchos casos con formas de uso ecológicamente no sustentables,
- existe una relación entre la inmigración hacia el Trópico y la quiebra de la gran minería estatal a mitad de los años ochenta,
- después de la pérdida sufrida en la lucha contra la quiebra de la minería, los sindicatos aumentaron su influencia otra vez en el Trópico, un proceso lo cual se podría replicar en el caso de algunos partidos políticos de la izquierda (Blanes / Mansilla 1994).

En base a estos hipótesis sobre los motivos de la migración hacia el Trópico, se pueden concluir lo siguiente: (a) existen marcadas disparidades intra-departamentales, no solo en cuanto a la disponibilidad de recursos naturales y sus formas de uso, sino también en el nivel de organización de la sociedad y los motivos políticos para organizarse, (b) comparando las ventajas y desventajas del desarrollo alternativo, parece ser que los argumentos de una estrategia política tienen más importancia que aquellos orientados a un uso racional de los recursos naturales a largo plazo.

### 5.2 Lineamientos principales de la planificación de desarrollo

En términos generales, existen tres niveles de planificación en Bolivia (estatal - departamental- municipal), los cuales están complementados en el caso de las zonas productoras de la coca con una cuarta, un espacio parcial del Departamento. Lo siguiente se concentrará sobre los niveles del Departamento y de un espacio parcial de lo mismo. Merece recordarse desde el inicio que se trata de todos tipos de planificación de desarrollo muy diferentes: mientras la planificación departamental está prevista como descentral, aquella para el Trópico puede ser calificado como centralizado.

A) El Plan de Desarrollo Departamental fue presentado a mitad del año 1995. Los autores, la CORDECO lo interpretaron la precisar de lo exigido por el nivel nacional (Cuadro 1). Un Plan de Ordenamiento Territorial no existió para el Departamento. Si bien es cierto, que este Plan de Desarrollo Departamental no logró aceptación, su análisis puede contribuir a los objetivos de este estudio: se lo pueden interpretar los lineamientos generales para el desarrollo departamental.

Este Plan formula siete macro problemas, los cuales están: debilidad del sistema productivo, el complejo coca-cocaína, desequilibrio social y índices altas de pobreza, uso indiscriminado de los recursos naturales y

destrucción del medio ambiente, desarrollo espacial de la economía inadecuado, infraestructura de transporte deficiente, delimitación administrativo no apropiado, falta de un marco institucional, falta de una identidad regional. Estos problemas se contrastaron con siete potenciales básicas, precisamente los siguientes: la localización geográfica, la disponibilidad de recursos naturales (agricultura, bosque, agua, electricidad, hidrocarburos), la industria y la artesanía, el comercio, el turismo, los centros intermedios, la capacidad de organización y producción. En base a esto se elaboraron siete objetivos superiores para el desarrollo departamental:

- transformación de la producción,
- integración de los redes de transporte a nivel interno, nacional e internacional,
- fomento del turismo,
- aprovechamiento de los recursos energéticos,
- uso sostenido de los recursos naturales y protección del medio ambiente,
- desarrollo del potencial humano y
- desarrollo institucional.

Cinco "programas de acción", los cuales están desglosados en 19 subprogramas de inversión pública, reflejan lo que pretendió la CORDECO como medidas concretas. Los detalles se pueden observar en el Cuadro 6.

<b>Cuadro 6: Principales campos de acción del Programa de Desarrollo Alternativo Regional (PDAR)</b>	
1) Construcción y mantenimiento de carreteras y caminos (ca. 1 500 km)	106 proyectos
2) Construcción de puentes	22 proyectos
3) Construcción de infraestructura productiva	53 proyectos
4) Construcción de infraestructura social	91 proyectos
5) Construcción de centros de comercialización	29 proyectos
6) Cursos de capacitación Se contaron 3342 participantes desde 1992 hasta 1994	s.d.
7) Infraestructura de riego (sólo Valles)	
8) Apoyo financiero para establecerse en mercados nuevos Volumen total de los productos comercializados se aumentó de 300 000 kilos (1991) a ca. 950 000 kilos (1994), apro. 60% de corresponden al cultivo del plátano	
9) Apoyo a la producción lechera. Iniciado en 1994, no existe cifra todavía	s.d.
10) Protección al medio ambiente: Mejorando el manejo del Parque Nacional Carrasco	s.d.
11) Electrificación rural	58 proyectos
12) Mejoramiento de la infraestructura de transporte ca. 650 km de caminos mejorados / rehabilitados / mantenidos	
13) Desarrollo Social 221 cursos realizados en diferentes sitios	221 proyectos
14) Agua potable y saneamiento básico	53 proyectos
15) Apoyo a la infraestructura productiva Procesamiento de Yuca y plátanos (aceite), producción: leche, té, jugo de fruta	s.d.
Observación: Los proyectos mencionados en los rubros 1 - 10 fueron implementados por US-AID, los mencionados bajo 11 - 14 por el Programa de las Naciones Unidas de Control de Drogas y todo resumido bajo 15 por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.	

Fuente: PDAR 1994

Basándose en los proyectos calificados como prioritarios, el origen de las regalías y los límites administrativos, este Plan de Desarrollo permite conclusiones de carácter ambivalente en cuanto al rol del Trópico dentro de la economía regional.

- (a) de los 102 proyectos de inversión pública identificados como prioritarios, solo 7 tienen una relación con el Trópico. Problemas fundamentales para esta región, como p.ej. el uso excesivo de los recursos naturales y la destrucción del medio ambiente casi no aparecen (en una sola página).
- (b) Sin embargo, la implementación de casi todos los proyectos depende de un grado alto de las regalías obtenidas por la extracción de la madera y de los hidrocarburos. Ambos productos vienen casi exclusivamente del Trópico.
- (c) Se propone crear una nueva sub-región, el Trópico, sin embargo, no se logró un acuerdo con todos los participantes (p.ej.: las autoridades de las tres provincias formando el Trópico, todas de aquellas localizadas fuera del Trópico). Si bien es cierto que se puede elaborar planes de desarrollo para otros espacios que aquellos existentes por la delimitación administrativa del país, estos planes no tuvieron impactos directos sobre la planificación comunal, departamental o nacional. Por lo tanto, se puede concluir, que planificación subregional solo representaría un instrumento débil. Tomando en cuenta el alcance de los problemas relacionados con el complejo coca-cocaína, esto si presenta una incoherencia.

B) Bases para un Plan de Desarrollo sub-regional. Hasta 1996 no existió un Plan multisectorial y coherente para esta región. Todo lo que fue elaborado, se lo hicieron sobre la base de cálculos de rentabilidad económica de los productos del desarrollo alternativo y la conclusión de los proyectos de infraestructura social y técnica. Lo que se pueden observar como resultados están número difícil de calcular de actividades particulares.

No se analizaron las funciones que podría tomar el Trópico dentro del desarrollo departamental o nacional en los documentos de planificación elaboradas.

- (a) Se carece de información básica para decisiones de localización de actividades económicas, p.ej. un catastro,
- (b) No existen instituciones para la enseñanza media/alta, y, como consecuencia, la base para obtener los conocimientos sobre las estructuras en los mercados nuevos de la exportación y las condiciones

## El "Desarrollo Alternativo" en el proceso de transformación en Bolivia

para establecerse en aquellas. La escuela técnica agraria en Chimore representa la única excepción.

- (c) Servicios especiales necesitados para acompañar la primera fase de entrar y establecerse en estos mercados nuevos no existen o se espera que los proyectos internacionales de cooperación técnica se encarguen de estas tareas (p.ej.: empresas consultoras). Sin embargo, abrir nuevos mercados de exportación para los productos del desarrollo alternativo constituye uno de los objetivos centrales de esta estrategia.
- (d) No se tomaron en cuenta todavía, que se necesita instrumentos específicos para influir la movilidad del factor "mano de obra", sobre todo aquella que tiene cierta calificación, hacia la región (p.ej. posibilidades de capacitación profesional, oferta de residencia de calidad media / alta).

Sin embargo, existen un número de estudios sobre la región del Trópico cuales podrían servir como base para un análisis espacial de las posibilidades de localización según los criterios mencionados arriba (p.ej. Bustamante 1992, trabajos propios 1995). Considerando esta discrepancia, se puede concluir que no quieren cambiar el rol actual del Trópico, como productor de recursos naturales no procesados, con los Planes de Desarrollo actuales.

## 6. Compatibilidad o contradicción: los conceptos elaborados para la transformación

### 6.1 Conclusiones

Basándose en las decisiones políticas, se pueden tomar dos condiciones generales como "establecidas" para el trabajo futuro de elaborar conceptos detallados: la política económica tiene carácter neoliberal y, por el mandato de la Constitución no se pueden establecer un estado federal. Se precisaron estas condiciones básicas de una manera coherente en el nivel macro y meso (Cuadros 1 y 6).

Basándose en estas condiciones básicas, principalmente se podrían implementar tanto una estrategia de "saneamiento activo" como de "saneamiento pasivo". Considerando el monto financiero invertido en los proyectos del desarrollo alternativo, esto indica que aparentemente se priorizaron la primera alternativa (Invertir decisivamente en espacios con problemas de desarrollo). Sin embargo, en el Plan de Desarrollo Departamental optaron para el contrario (Localizar la gran mayoría de los proyectos fuera de esta región). Solo si se cuentan con una planificación acordada entre los diferentes niveles de planificación (nacional - departamental) sobre las medidas y los instrumentos, se podrían implementar estos dos enfoques al mismo momento y sin provocar impactos contradictorios. Sin embargo, esta estrategia acordada no está documentada.

Refiriéndose a la alternativa entre "espacios equilibrados en términos funcionales" y "espacios con funciones específicos", las dos podrían ser relacionadas con las condiciones generales ya establecidas. La realidad en el Trópico permite observar, que todavía se trata de un modelo de extracción excesiva de los recursos naturales con poco / ningún procesamiento dentro de la región. No se lograron cambios sustanciales a través de todos los proyectos del desarrollo alternativo.

Para especificar las estrategias de un desarrollo espacial de una manera coherente y, para evitar las contradicciones actuales indicadas arriba, se requieren de un análisis profundo sobre todos los factores ecológicos, socio-económicos y socio-culturales que determinen las decisiones de localización. Sin embargo, este análisis no se llevaron a cabo y, como un efecto, las incoherencias y contradicciones se mantuvieron al nivel conceptual: (a) no se precisaron los objetivos políticos principales en el

## El "Desarrollo Alternativo" en el proceso de transformación en Bolivia

"nivel meso" y, tampoco se crearon los instrumentos necesarios para gestionar los impactos sobre la estructura espacial de la economía, (b) la distribución de las responsabilidades administrativas dejó abierto muchos aspectos en el Trópico, (c) a pesar de la importancia que tiene esta región a nivel nacional (e internacional), están pocas las instituciones estatales presentes en la región. Por su lado, las ONG se instalaron bien en el Trópico.

Los efectos de estas incoherencias conceptuales tienen relevancia para todo el país, sin embargo, se lo pueden observar muy claramente en el Trópico:

- por un lado se ajustaron la economía nacional a un modelo neoliberal y por otro lado se subvencionaron la producción agrícola en el Trópico con costos tremendos (se estiman alrededor de 166 000 dólares para hectárea integrada en el desarrollo alternativo, Blanes / Mansilla 1994),
- se lograron un nivel de descentralización notable con la "Participación Popular". Al mismo tiempo el Estado central mantiene estas estructuras que aseguran su influencia en el Trópico. Aparentemente, no se tocaron el tema de la descentralización de las competencias políticas,
- Basándose en un objetivo de modificar la estructura actual de la economía regional, la planificación regional dejó de analizar algunas condiciones estructurales fundamentales de la economía regional y, como efecto, se mantuvieron (a) la subvención masiva de la producción agrícola, sin tomar en cuenta siempre la demanda por estos productos y (b) el enfoque de dotar la región todavía con más infraestructura técnica. Esto, a su vez, representa impulsos "positivos" para una estructura económica orientada a la extracción indiscriminada de los recursos naturales y ganancias obtenidas a corto plazo.

De tal manera, se están neutralizando las ventajas comparativas de las cuales dispone el Trópico por su buena k en la eje principal de desarrollo (La Paz - Cochabamba - Santa Cruz) y por su disponibilidad (parcialmente todavía teórica) de energía.

Esta inseguridad sobre el marco principal de la estrategia de desarrollo para el Trópico, reflejándose en las contradicciones mencionadas, tendrá un impacto negativo sobre las decisiones de inversión del sector privado. Por lo tanto, aquellos que están interesados en invertir lo hagan en proyectos de rendimiento a corto plazo. Esto, a su vez, tenga impactos contra productivos sobre los objetivo a mediano plazo, como p.ej. este de modificar las bases de la economía regional.

## 6.2 Perspectivas

Considerando la complejidad y la dinámica del proceso de transformación en Bolivia, una evaluación de sus perspectivas futuras siempre va a tener carácter momentáneo. En el marco de este estudio se analizaron déficits conceptuales dentro de los programas implementados. Sin embargo, estos déficits conceptuales representan solo una parte de la problemática.

Además, llama la atención que casi no se analizaron la estructura específica de la sociedad en el Trópico y sus consecuencias para la planificación de desarrollo del Estado. Aparentemente, el hecho de que falta una comunicación entre las instituciones del Estado y los nuevos movimientos sociales tiene alta relevancia para el Trópico, probablemente explica también parcialmente las discrepancias entre los esfuerzos de planificación para un desarrollo alternativo y sus resultados comparativamente bajos en la implementación.

Tomando en cuenta la estructura de motivación que tienen estos nuevos movimientos sociales-políticos-culturales en el proceso de elaboración para un concepto de desarrollo regional, podría contribuir para lograr una comunicación más fluida, probablemente más eficiente, entre el Estado y la sociedad regional. Existen estudios que indican que el desarrollo alternativo fue instrumentalizado por los sindicatos y algunos partidos de la izquierda ("lo hoja sagrada"). Basándose en aquella interpretación política del desarrollo alternativo, parece ser, que "mantener cierto nivel de conflicto con el Estado" constituyera un objetivo político propio (Blanes / Mansilla 1994). Este impacto de las estructuras socio-políticas del Trópico sobre cualquier concepto de desarrollo regional se refleja en el largo proceso de negociación para implementar la legislación vigente, la reducción de las hectáreas bajo cultivo de coca. No se acordaron resultados precisos.

Sin duda, se pueden precisar las competencias para las entidades de la planificación departamental y municipal en el Trópico a través de actividades legal-administrativo y un mejoramiento de los instrumentos de planificación. Sin embargo, estas actividades no tengan un impacto sobre los objetivos políticos de los actores diferentes.

Si bien es cierto que el proceso de transformación tiene características muy modernas en Bolivia, después de 3,5 años implementando estas reformas se pueden observar que ciertas "características tradicionales" de los

## El “Desarrollo Alternativo” en el proceso de transformación en Bolivia

antiguos programas de transformación en América Latina se mantuvieron: estas reformas no tomaron en cuenta suficientemente la necesidad de impulsar todo el proceso a través de instrumentos específicos en el nivel medio / departamental y, como consecuencia, muchas reformas teóricamente bien diseñados quedaron sin resultados (Esser 1990).

## 7. Bibliografía

Blanes, J.: Aspectos políticos e institucionales de la lucha contra las drogas en Bolivia, La Paz 1993a

Blanes, J.: El Estado y la Formación de las Regiones hoy, en: Blanes, J.; Galindo, M.: Las regiones hoy, La Paz 1993b

Blanes, J., Mansilla, H.C.F.: La percepción social y los hechos reales del complejo coca/cocaina (Serie: Drogas, Investigación para el Debate, Nr. 9), La Paz 1994

Bustamante, F.: Microregionalización Socioeconómica del Trópico de Cochabamba, Cochabamba 1991

CORDECO (Corporación de Desarrollo Regional Cochabamba): Plan Departamental de Desarrollo de Cochabamba, Cochabamba 1995

Esser, K.: Lateinamerika. Welt- und Regionalmarktorientierung (Schriften des Deutschen Instituts für Entwicklungspolitik Bd. 98), Berlin 1990

Gierhake, K.: Die Rolle der öffentlichen Investitionen im Prozess der Regionalentwicklung in Bolivien (1987 - 1990), en: Geographische Zeitschrift, Vol 79., 1991/, p. 229-245

Gierhake, K.: Regionale Entwicklungsplanung in marginalisierten Räumen des Andinen Lateinamerikas. Beispiele aus Bolivien, Kolumbien und Peru, en: DIE ERDE 1993/1, p. 37-52

La Razón, 11.11.1995: Gobierno asignará a las regiones más de la mitad del presupuesto

Laserna, R. et al.: Sostenibilidad y Desarrollo Humano, Cochabamba 1995

Nohlen, D.; Mayorga, R.A.: Bolivien, in: Nohlen, D.; Nuscheler, F. (Ed.): Handbuch der Dritten Welt, Vol. 2 Südamerika, Bonn 1992, p. 180-218

MDH (Ministerio de Desarrollo Humano): Documentos no publicados sobre ONG en Cochabamba, su región y su sector de especialización Unveröffentlichte, La Paz 1995

MDSMA (Ministerio de Desarrollo Sostenible y de Medio Ambiente): materiales diversos no publicados sobre la nueva estructura de la administración pública, La Paz, sin año

## El “Desarrollo Alternativo” en el proceso de transformación en Bolivia

Nuhn, H.: Neue Konzepte zur wirtschaftlichen Transformation vor dem Hintergrund der Strukturprobleme kleiner Entwicklungsländer Zentralamerikas, en: Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie, Vol. 39, 1995/ 2, p. 68-81

PAFT (Plan de Acción Forestal de Bolivia): Situación del Sector Forestal del Departamento de Cochabamba, La Paz 1995

Painter, J.: Bolivia and Coca - a Study of Dependency, Boulder/Colorado 1994

PDAR (Programa de Desarrollo Alternativo Regional): Un Esfuerzo hacia el Desarrollo, Cochabamba 1994 (eine Zusammenstellung der Einzelaktivitäten dieses Programmes)

República de Bolivia: Ley No. 1493: Ley de Ministerios del Poder Ejecutivo, 17.9.1993

República de Bolivia: Constitución Política del Estado y sus Reformas, La Paz 1994a

República de Bolivia: Ley No. 1551, Ley de Participación Popular, 20.4.1994, La Paz 1994b

República de Bolivia: Plan General de Desarrollo Económico y Social de la República. El Cambio para Todos, La Paz 1994c

República de Bolivia: Plan Nacional de Ordenamiento Territorial (documento interno, todavía no aprobado oficialmente), La Paz 1995a

República de Bolivia: Ley No. 1654, Ley de Descentralización Administrativa, 28.7.1995, La Paz 1995b

República de Bolivia (Ministerio de Desarrollo Humano): Mapa de la Pobreza - Una Guía para la Acción Social, La Paz 1995c

República de Bolivia: Normas básicas de los Sistemas: Nacional de Planificación, Nacional de Inversión Pública, Programación de Operaciones, La Paz 1995d

Rivera Ibañez, J.M.: Ley del Regimen de la Coca y Sustancias Controladas, La Paz 1993

Ruppert, R.: Das Koka- und Kokaingeschäft in Bolivien, Bamberg 1990

Weil, J.; Weil, C.: Verde es la Esperanza. Colonización, Comunidad y Coca en la Amazonía, Cochabamba 1993



*Klaus Gierhake*

## Articulación espacial de la economía regional servicios y comercio como base para una zonificación económica en la zona aledaña sur del Parque Nacional Amboró

Originally published as:

Klaus Gierhake (2003): Articulación espacial de la economía regional servicios y comercio como base para una zonificación económica en la zona aledaña sur del Parque Nacional Amboró

URN: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:26-opus-11056>

### 1. Objetivos del estudio

Los objetivos de esta investigación abarcan varios niveles: comprobar una metodología para analizar las relaciones funcionales de la economía regional, poner estos resultados en un contexto más amplio y presentar una propuesta como se puede proceder en una investigación multidisciplinaria.

El primer objetivo se concretizar con el inventario de estructuras actividades socio-económicas y documentación de la oferta de productos y servicios existentes en las zonas pobladas alrededor del Parque Nacional en cuestión. En comparación con aquellos trabajos que se concentran sobre el análisis de las estadísticas socio-económicas tradicionales (por ejemplo: distribución de instalaciones de salud, de instalaciones escolares, personal médico en cierto espacio, porcentaje de analfabetismo etc.), esta investigación ofrece resultados con características diferentes: no se trabaja con cifras que representan un promedio de la zona en investigación (por ejemplo el porcentaje de analfabetismo en una provincia), datos que no pueden reflejar las disparidades internas de un espacio. Además, el enfoque metodológico empleado no se limita a la descripción de ciertos indicadores en un espacio, si no incluye también un aspecto dinámico, es decir: los

movimientos dentro de un espacio. Es importante anotar, que no se trata de enfoques contradictorios si no complementarios.

De tal manera se pretende cuantificar y caracterizar la influencia de las presentes actividades socio-económicas en cuanto a la intensidad de uso de la tierra y la presión sobre los recursos naturales de la zona. Esto servirá como base para estimar la presión futura y como consecuencia para las actividades que se desarrollarán en el transcurso del proyecto arriba mencionado para poder llegar a garantizar un aprovechamiento sostenible de los recursos.

Para poder manejar y planificar el desarrollo socio-económico vinculado con el uso sustentable de los recursos naturales de la zona de amortiguamiento es necesario conocer la situación actual, el movimiento económico-comercial, el abastecimiento de servicios y productos en la zona y las capacidades económica-productivas para fomentar un desarrollo sostenible y sustentable.

Una vez terminado este análisis, los resultados pueden ser aprovechados dentro de un contexto más amplio. Merece mencionarse sobre todo dos aspectos particulares:

- concretizar una propuesta para llenar este "vacío conceptual" que sigue existiendo para elaborar un marco general para los Planes de Ocupación Territorial (véase MDSMA 1995; Gierhake 1998) y
- complementar las propuesta para delimitar una zona de amortiguamiento. El concepto „más tradicional“ ha consistio en crear una "especie de cinturón" alrededor de una área protegida, que mantiene un radio fijo (por ejemplo 5 km). Este enfoque puede toma en cuenta las exigencias esenciales de una área protegida (ni las ecológicas y tampoco los factores económicos y sociales que tienen un impacto sobre el área protegida, como un ejemplo para ilustrar esta idea de creas zonas de amortiguamiento véase por ejemplo Fundación Natura 1991). Si bien es cierto que este concepto fue importante para la sensibilización, su aceptación en la realidad siempre fue bajo y tampoco hubo impactos concretos para alguién. Sin embargo, tampoco incluyen la presencia humana, las actividades económicas en desarrollo y los movimientos en el espacio.
- "Zonas de amortiguamiento" podrían ser interpretados como un factor complementario que determina los "clásicos" factores de localización. Por un lado está limitado el uso de los recursos naturales (una vez

definido categoría de manejo del área), por otro lado, la biodiversidad y su conservación no sólo representan valores éticos, si no también, de una manera creciente, valores económicos ("prospectar biodiversidad..."). Su aprovechamiento podría ser de alto interés, sobre todo en el caso de regiones marginadas.

## 2. Metodología e Instrumentos

La economía, factores y la rapidez de su desarrollo tienen influencia directa o indirecta en el uso y la presión sobre los recursos naturales y de tal manera también causan cambios medio ambientales.

Para analizar el proceso de desarrollo económico, sus interrelaciones de causa y efecto así como su intensidad se ha llevado a cabo una análisis de la oferta de servicios centrales, de mercados y negocios permanentes, siendo indicadores claves/ típicos (de centros poblados según tamaño), omnipresentes, obvios/accesibles y comparables. Para tal fin se ha definido rubros y indicadores explicados más abajo.

Además se puede distinguir diferentes niveles administrativos, que, en la zona de estudio son el nivel de provincia/ subprefectura, de municipios y de otros centros poblados (dependientes).

### 2.1 Metodología

La metodología está basada en conceptos elaborados por la geografía económica, empleados siempre para explicar estructuras espaciales de la economía regional, elaborando a veces los resultados del análisis para propuestas de la planificación de desarrollo. En el contexto de esta investigación se está coordinando algunos de estos trabajos científicos, cada uno de aquellos basado sobre variables específicas. Considerando el objetivo de todo este proyecto de investigación, llegar a propuestas para los niveles de decisión administrativa y política, se hace referencia sobre todo a aquellos estudios de las "relaciones funcionales" de la economía regional elaborados en América Latina y con una visión de ciencias aplicadas (Bromely 1978, Nuhn 1987, Smith 1985, Spielmann 1983).

Basándose adicionalmente en las experiencias de trabajos propios de consultoría sobre zonificación en varios partes de América Latina, se adaptó experiencias anteriores:

- a) enfocando la estructura espacial de la economía regional como un factor que determina tanto el desarrollo de zonas de amortiguamiento como de las mismas áreas protegidas,
- b) combinando los parámetros sueltos de las investigaciones anteriores, trabajando sobre la hipótesis de que se lograría un nivel explicativo más alto de esta manera.

Se trabaja sobre la hipótesis siguiente: un análisis de las relaciones funcionales de una economía regional produce resultados en cuanto a los factores y procesos que influyen en este desarrollo. Una vez conociendo estos factores y procesos, este a su vez permite interpretar el impacto que tienen sobre los recursos naturales y las formas de su aprovechamiento. Aceptando esto, se puede suponer que tanto más la estructura económica depende del primer sector, los resultados del análisis de las relaciones funcionales permiten más conclusiones sobre las formas y la intensidad del uso de los recursos naturales.

Para analizar el proceso de desarrollo económico, sus interrelaciones de causa y efecto así como su intensidad, se ha llevado a cabo un análisis de la oferta de servicios centrales, de mercados y negocios permanentes, siendo indicadores claves/tipos (de centros poblados según tamaño), omnipresentes, obvios/accesibles y comparables.

Además se puede distinguir diferentes niveles administrativos que, en la zona de estudio es el nivel de distritos, municipios y de otros centros poblados (dependientes). Para tal fin se ha definido rubros e indicadores, explicados más abajo. Este grupo de variables explica la parte de la oferta de servicios y productos centrales, que luego fue contrastado por la demanda por servicios y productos centrales, usando los mismos parámetros.

Comparando estos datos con el levantamiento de la demanda de servicios y productos, con las discrepancias resultantes se estimará el potencial para un desarrollo de la zona.

## 2.2 Instrumentos

Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: (a) mercados y negocios permanentes, (b) servicios estatales y económicos y (c) flujos de transporte.

### Mercados y Negocios Permanentes

Para los mercados y negocios permanentes se han definido los siguientes rubros:

I – Mercados y jerarquía temporal (diario, semanal etc., ferias): En este rubro se incorporó ocasiones ‘formales’ de intercambio de productos básicos (más que todo agropecuarios) para medir la frecuencia e intensidad de los circuitos de comercialización con que se trae productos más que todo alimenticias de las zonas (y centros poblados) más lejanas.

II – Alimentos: Este rubro se refiere a carnicerías, panaderías, abarroterías, supermercados etc., ofreciendo productos de primera necesidad de precios relativamente bajos, entre ellos productos tradicionales, - que por gran parte no están siendo comercializados por vías de mercado ya que es producción de subsistencia sino excedentes (p.ej. frutilla) están intercambiados-, y productos nuevos como la leche, huevos, pollo y carne, fruta y rocoto, reflejan el nivel de abastecimiento básico.

III – Hoteles, restaurantes y lugares de distracción: este rubro refleja el flujo de gente que pasa o se queda, sea para hacer compras o por asuntos de trabajo, así como comerciales, además junto con los lugares de restauración indica el potencial turístico del centro poblado respectivo; los lugares donde se da pensión y de distracción indican el nivel de vida y actividad social.

IV – Ropa y zapatos: tratándose de productos de precio mediano y mayormente no originarias de la zona, sino traídos desde Cochabamba o Santa Cruz, refleja la importancia comercial del centro poblado y indican el nivel de consumo de la población.

V – Ferretería, Artesanos, Talleres, Venta de repuestos, Carpintería: Este rubro demuestra la intensidad de actividades artesanales, la cantidad y el nivel de producción artesanal, y además la accesibilidad a servicios de reparaciones/ repuestos (talleres); para mayores problemas hay que viajar a Sta. Cruz o Cochabamba.

VI - Venta por mayor (almacenes, depósitos): Este rubro representa productos - más que todo comestibles envasados - traídos de las ciudades y da referencias en cuanto al abastecimiento cercano (de mayores

cantidades) de productos para las tiendas particulares (p. ej. almacenes, depósitos de bebidas, repuestos etc.)

VII – Electrodomésticos, fotografía, relojería, televisión: Estos utensilios tecnológicos de costo alto son índices para un mayor nivel de importancia comercial, por esto casi no se los encuentra en la zona de estudio

VIII – Maquinaria, autos, mueblería: Acá se trata de maquinaria de un nivel avanzado y de costo alto, razón por la cual la oferta en las poblaciones del estudio es muy escasa (casi solamente hay muebles), para tales compras hay que dirigirse a Cochabamba o Santa Cruz.

### Indicadores jerárquicos

Luego se ha establecido una jerarquía de productos agrupándolos según los criterios: costo, frecuencia de consumo y durabilidad:

BDC: Costos bajos, consumo diario, durabilidad corta

MDC: Costo medio, consumo diario, durabilidad corta

APC: Costo alto, consumo periódico, durabilidad corta

MPM: Costo medio, consumo periódico, durabilidad media

M/AEM: Costo medio/alto, consumo episódico, durabilidad media

M/AEL: Costo medio/alto, consumo episódico, durabilidad larga

AEL: Costo alto, consumo episódico, durabilidad larga

De tal manera se puede diferenciar entre los productos según su precio y su frecuencia de compra, lo que permite evaluar la importancia comercial y el área de alcance de un centro poblado. Como se trata de centros pequeños el abastecimiento con productos de durabilidad corta es mucho mayor que aquel de productos de costo alto y durabilidad larga.

Comparando estos datos con el levantamiento de la demanda de servicios y productos, con las discrepancias resultantes se estimará el potencial para un desarrollo de la zona.

En transcurso del estudio se mostró el problema que con los indicadores y la metodología dada y explicada arriba casi no se llega a inventariar la producción para el autoconsumo (incluyendo productos del monte non-comestibles) que no esta comercializado por 'vías publicas', pero –

tratándose de una zona con economía de subsistencia - que sí representan un porcentaje importante del total la producción.

### Servicios administrativos y económicos

Para este análisis se definieron cinco categorías de servicio: la administración pública (diferenciándola en administración general, justicia y servicios especializados), servicios de la infraestructura social (salud y educación), servicios de comunicación (correo, teléfono y fax, transporte), finanzas, religión y cultura y otros servicios (refiriéndose p.ej. a sindicatos, asociaciones).

Se levantó no solo la información sobre la existencia de una institución prestando algún servicio, sino también de los servicios específicos ofrecidos y, donde fue posible, del número de personas trabajando en las instituciones respectivas.

Se supone que la cantidad de servicios ofrecidos de alguna manera sirven como un indicador para obtener informaciones sobre el área de influencia de la respectiva institución. Considerando que en el caso de todas las zonas seleccionadas para este estudio se trata de zonas rurales, sin mayores concentraciones poblacionales, un número mayor de servicios y/o servicios más especializados dentro de una institución permiten concluir que esta oferta cubre un espacio más grande.

Basándose en las experiencias de investigaciones anteriores, se estableció un marco de referencias para la jerarquía de los servicios, usando los niveles siguientes: Estado central, Departamento (Provincia), Municipio, otros centros poblados (sección del municipio, municipio delegado etc.). Se colocaron las instituciones por columnas del nivel jerárquico según experiencias conocidas.

### Flujos de transporte

Considerando que normalmente solo una parte reducida de traslados se explica por motivos de ocio, los flujos de transporte representan un variable importante para obtener información sobre las transacciones económicas que se realizan dentro de un espacio.

Parece ser probable que exista una relación proporcional entre el número de movimientos de transporte y la intensidad de las interrelaciones económicas, sobre todo en el caso de zonas rurales dependiendo de una economía dominada por actividades agrícolas, forestales y ganaderas.

Se puede distinguir dos indicadores diferentes, por un lado la pura existencia de una ruta de comunicación y su respectiva calidad (p.ej. una carretera y su cobertura) y, por otro lado la cantidad de vehículos usando esta infraestructura técnica existente. Mientras que una ruta como tal representa un indicador estático, la intensidad de movimientos tiene características dinámicas.

Aparentemente, existen interrelaciones directas e indirectas entre los variables usados en esta investigación. Un mercado grande que atrae a la población de una zona aledaña extensa representa un incentivo para los transportistas para aumentar su oferta. El acceso a servicios bancarios y a la extensión agrícola puede ser un factor determinante para aumentar la producción y orientarla hacia el mercado. Los ingresos obtenidos en las ventas aumentan la capacidad de comprar etc.

### **3. Resultados**

#### **3.1 Aspectos administrativos**

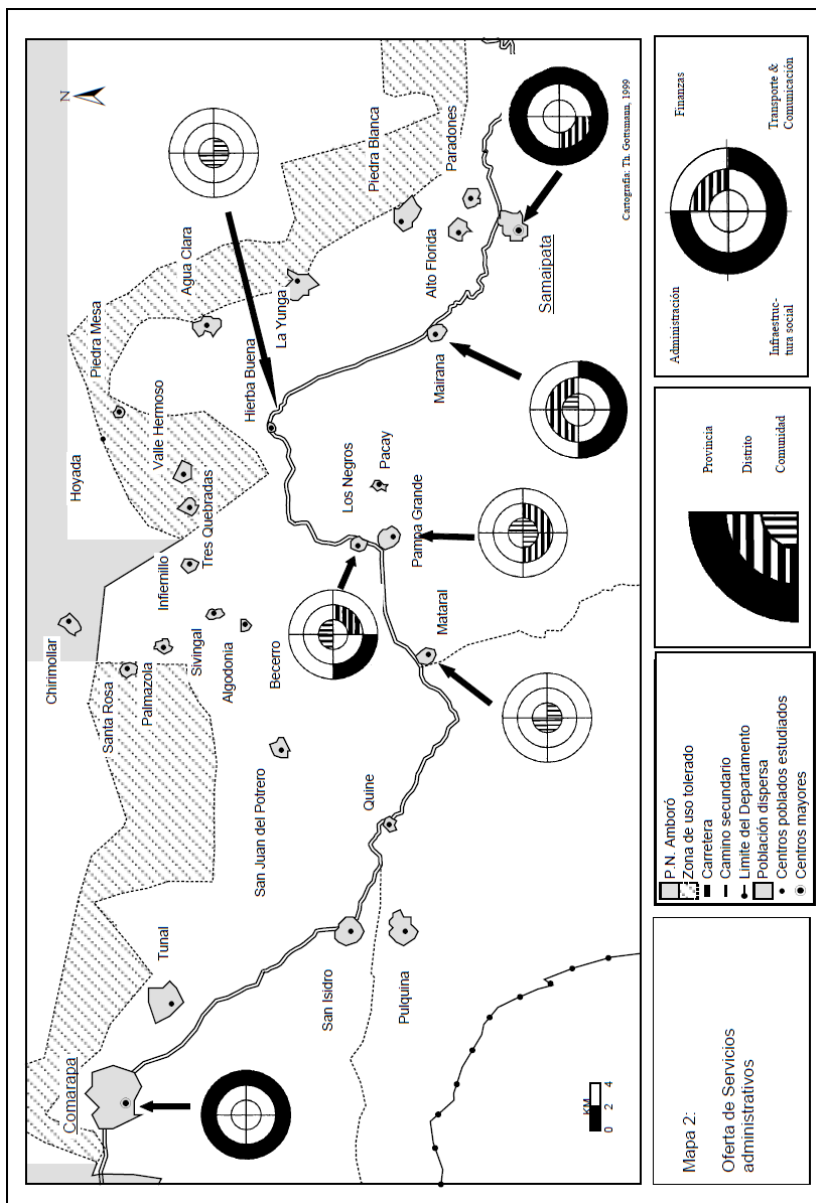
Según su importancia administrativa se puede clasificar las poblaciones del estudio en tres niveles:

Los centros poblados más grandes, Comarapa y Samaipata, siendo capitales de las provincias J.M. Caballero y Florida cuentan con representación estatal en forma de prefectura y municipio. Además cuentan con todos los servicios de salud, educación y comunicación.

Los centros poblados de Mairana y Pampa Grande solamente cuentan con alcaldía a nivel municipal y con un corregidor a nivel prefectural. Tienen puesta de salud y escuela primaria.

Las comunidades más pequeñas (Mataral, Los Negros, Hierba Buena) solamente cuentan con sub-alcaldías y dependen directamente de los centros más grandes. Por lo tanto en estos centros se nota una fuerte presencia de cooperativas y sindicatos para servicios y la administración de recursos y productos.

# Articulación espacial



## 3.2 Resultados según centros poblados

### Comarapa

Comarapa como capital de la provincia J.M. Caballeros con una municipalidad de 15 empleados, que tiene las competencias típicas de las municipalidades en Bolivia para salud, educación, deporte y caminos. Cuenta con todos los servicios, los cuales están especificadas en el Mapa 2.

Merece mencionarse además, que la ciudad alberga las oficinas regionales de las ONGs FAN y CARE, que están ejecutando proyectos de manejo del Parque Nacional y como en su zona aledaña. Comarapa se caracteriza por el dominio de actividades agropecuarias, de tal manera cuenta con varios sindicatos agrarios.

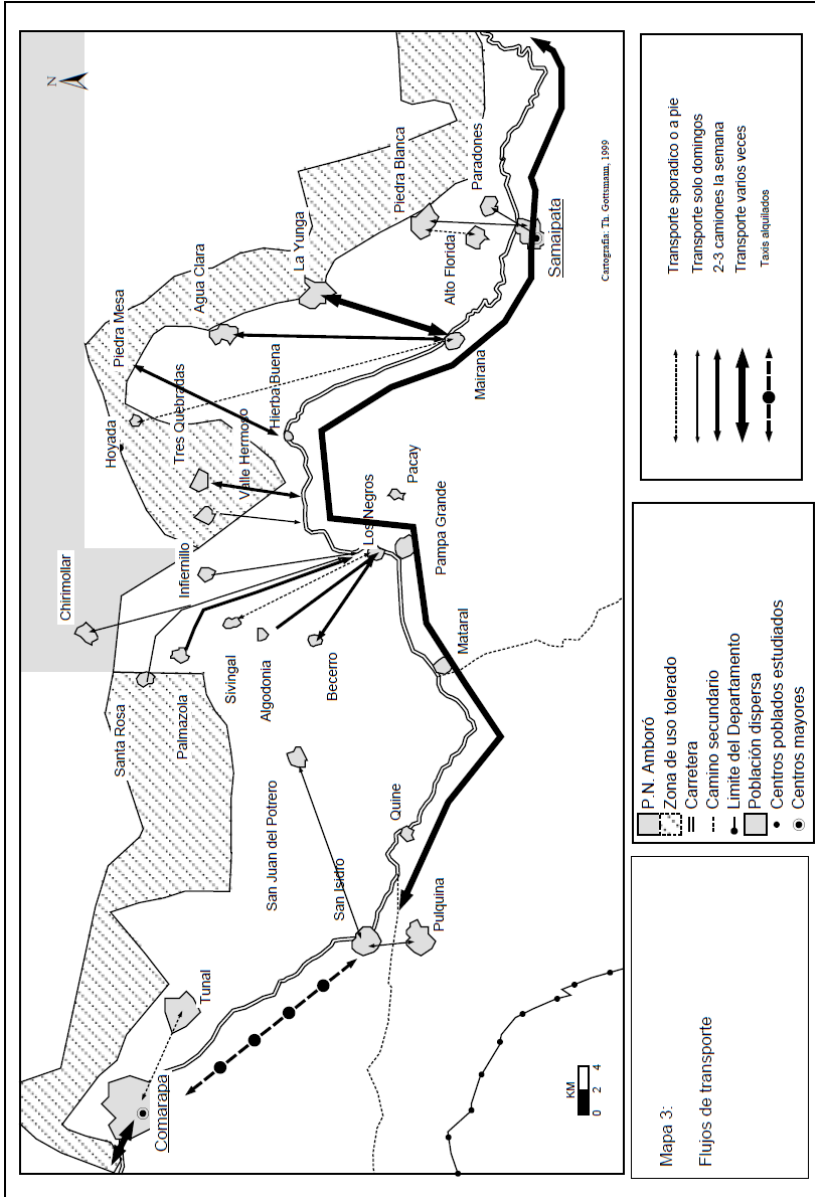
Tomando en cuenta que la ciudad es la primera y principal parada del micro llegando desde Cochabamba, así se encuentran varios hoteles y oficinas de empresas de transportes. Estas oficinas y hoteles están ubicados en la carretera principal, pero el centro con la plaza, el mercado etc. se encuentran en el lado norte.

El intercambio de productos está principalmente orientado hacia Cochabamba, sin embargo existen relaciones de comercio con Sta. Cruz también. Para seguir al este (a Mataral) hay que tomar un taxi hasta San Isidro, de allá se encuentra más movilidad procedente de Sucre y ofreciendo transporte hacia la ciudad de Sta. Cruz. El análisis de las ofertas de transporte refleja esta orientación espacial de la zona de Comarapa (véase mapa 3).

Los negocios de la ciudad han creado su propia zona de influencia, que abarcar las poblaciones a lo largo de la carretera hacia Samaipata / Sta. Cruz en lo que se refiere a los productos de las categorías bajas y a otras, como San Juan del Potreo, para otros productos también (véase mapa 4). Sin embargo - aparte de las verduras y el carne - se encuentran pocos productos típicos (agropecuarios) de la zona en venta, en las tiendas y el mercado. Esto se debe a que la mayoría de las familias se dedica a la producción de subsistencia y así no genera mucha demanda en el mercado (véase mapa 5).

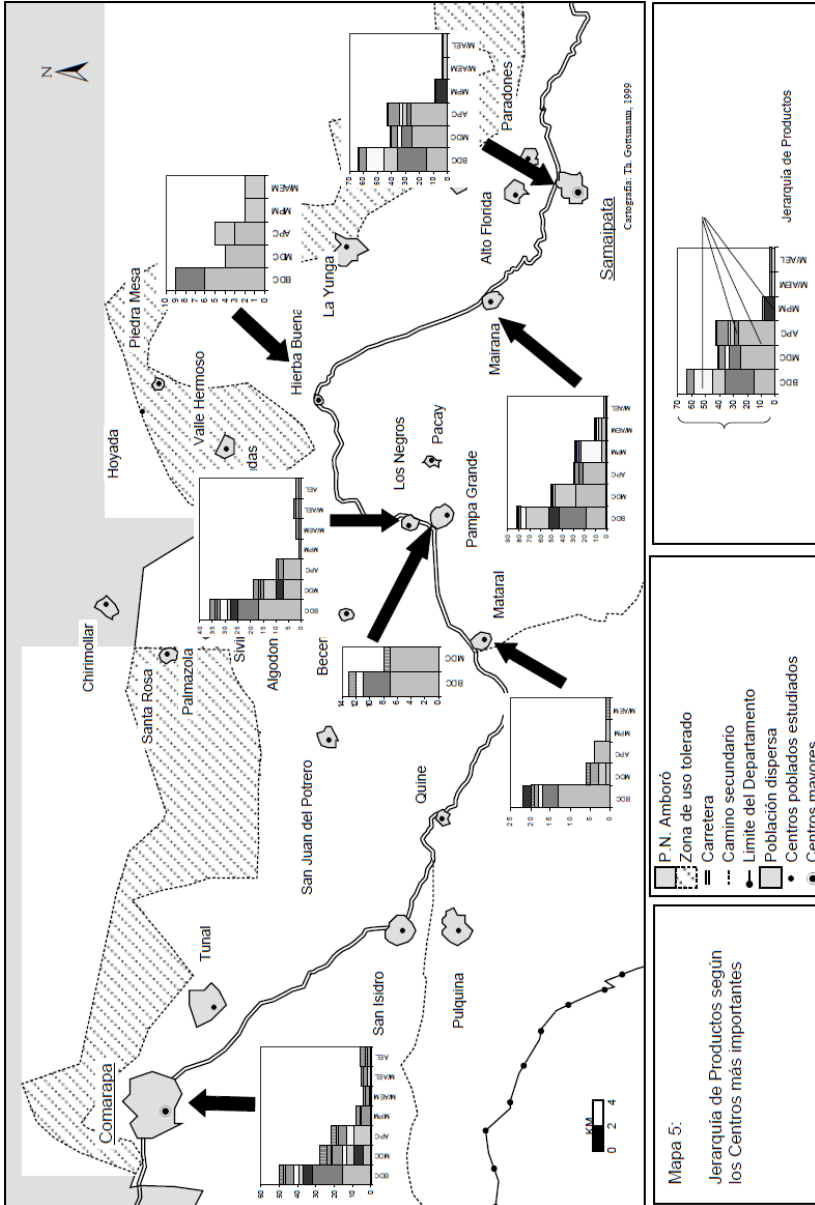
A pesar de eso se nota bastante movimiento económico, así como vida social. Por la cercanía relativa a Cochabamba, hay una oferta bastante amplia de productos traídos de la ciudad, como p. ej. electrodomésticos con precios de más que 700 Bs., así como abarrotes bien surtidos. Comarapa cuenta con varias cooperativas de ahorro, por otra parte no tiene sucursales

bancarias, algo que necesariamente está limitando el acceso a los servicios bancarios (véase cuadro 3).





# Articulación espacial



La distancia (entonces la zona de alcance del mercado de Comarapa) de donde viene la gente para comprar cosas de mayor precio, es desde los pueblos Río Grande, San Isidro (20 km, 1/2 hora) y Mañao. Una ocasión importante y más frecuentada es la feria dominical.

Se puede resumir que la ciudad representa un centro de planificación y decisión realizada en los proyectos más importantes para el desarrollo del Parque Amboró y su zona aledaña. Por la estructura del transporte público, los actores económicos del mismo Comarapa tienen un acceso relativamente fácil a la planificación y decisión en estos proyectos, lo que a su vez puede apoyar a la aceptación de las actividades realizadas por el proyecto. Por otro lado, las poblaciones de la Provincia Florida encuentran ciertas limitaciones de transporte para llegar a Comarapa y, por lo tanto, para participar más activamente en estos dos proyectos.

### Mataral

Mataral es Subalcaldía de Pampa Grande que está a 13 Km de distancia. Es una aglomeración pequeña y tranquila con una población de aproximadamente 590 personas. Tiene un solo hotel que a la vez es oficina de Entel. Se cuenta con una puesta de salud y tiene una Primaria (véase mapa 6). La plaza con la municipalidad está ubicada hacia el norte de la carretera, pero allá hay pocas tiendas, mayormente ofreciendo alimentos y abarrotes. Para transporte hay que aprovechar movilidad y camiones pasando hacia Sta. Cruz. Hay un puesto de control con peaje en la carretera hacia Sta. Cruz.

Mucha gente que vive aquí y trabaja la tierra aquí ha migrado del Altiplano (Oruro, Potosí etc.). Algunos solamente vienen por temporadas, alquilando su maquinaria al sector agrícola durante la época de cultivo. Es probable que esta estructura poblacional explica que Mataral, a contrario con los demás centros poblados sobre la misma carretera, no ha creado ningún tipo de zona de influencia y tampoco muestra relaciones bien articuladas con Comarapa y/o Los Negros.

### Pampa Grande

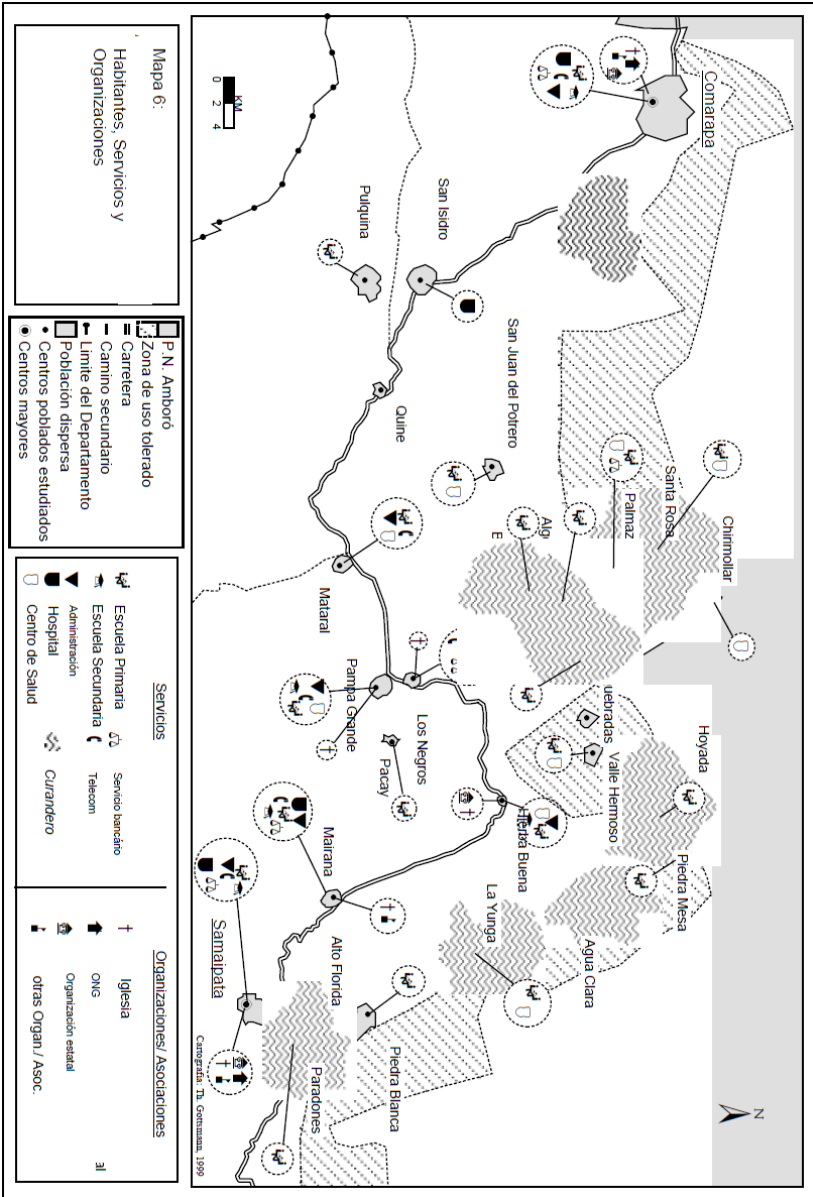
Pampa Grande es Capital de Distrito y pertenece a la Provincia Florida. Tiene unos 500 habitantes y se encuentra a 1.5 km al sur de la carretera principal, razón por la cual el desarrollo de Pampa Grande es menos que los otros centros poblados ubicadas directamente en la carretera.

## Articulación espacial

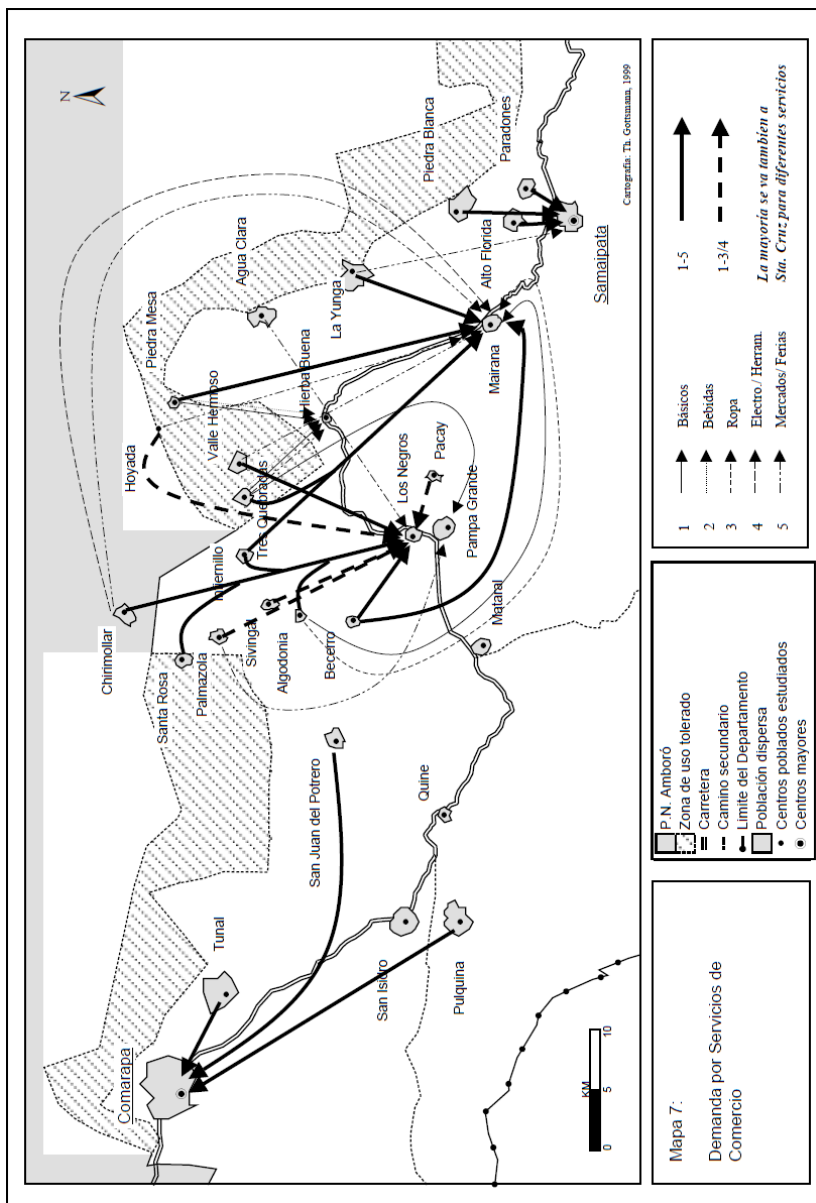
En el sitio se encuentran un Centro de Salud, la Escuela Primaria y Secundaria y hay acceso los servicios de comunicación (teléfonos). Anteriormente las movi­lidades entraban al pueblo, ahora solamente una empresa lo hace, si hay suficiente pasajeros. No hay hoteles (véase mapa 6). Es zona ganadera (chivos) así como de cultivo - con riego - de tomate y de sandía, esta última se vende en la carretera y está siendo transportada hasta Cochabamba y Sta. Cruz. No hay sindicatos, lo que se podría explicar por el hecho que la mayoría de su población no viene de la Sierra.

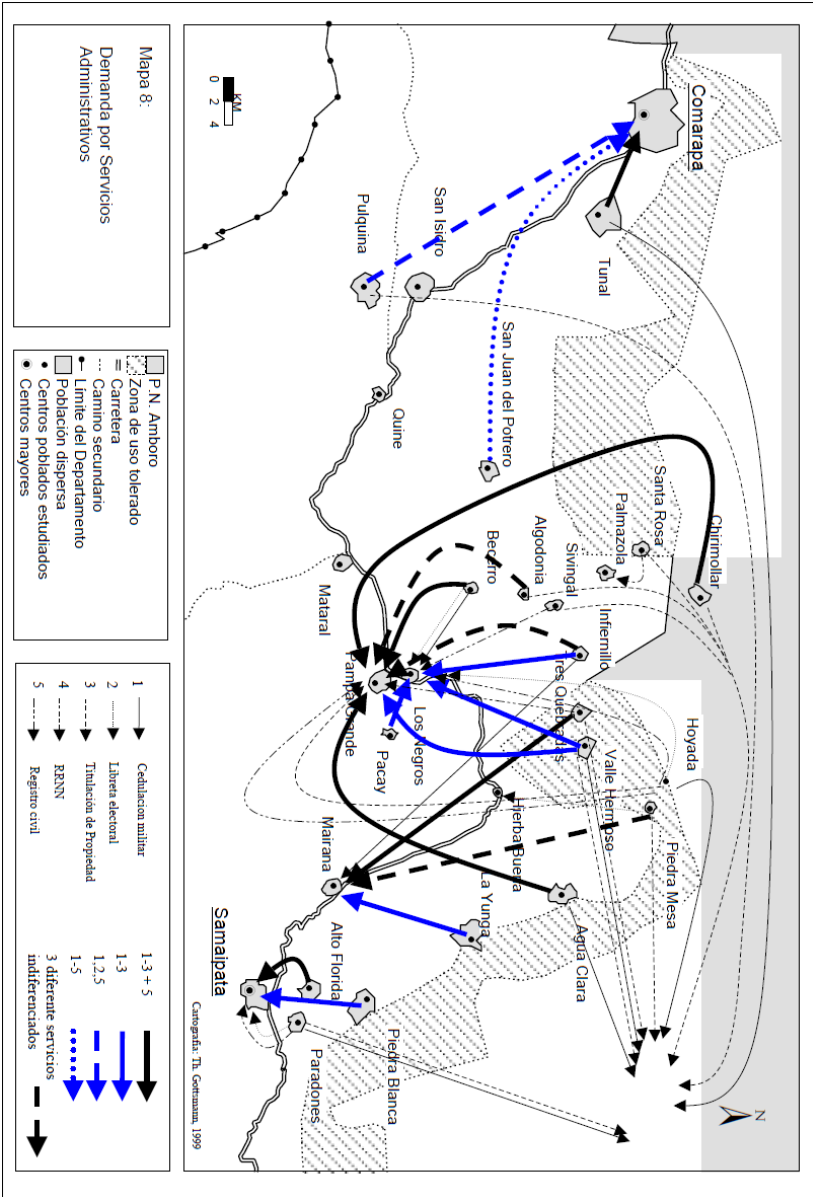
Mucho de la actividad económica y de compras se realiza en el pueblo cercano de Los Negros a donde hay servicio de taxis. Si bien es cierto que Los Negros se ha desarrollado como centro de comercio, merece mencionarse que Pampa Grande todavía recibe a una porcentage notable de la población residente en el Parque y su zona aledaña para realizar diferentes trámites administrativos (p.ej. Chirimollar, Algodonia, Becerro, Hoyada, Agua Clara; véase mapas 7 y 8 para la discrepancia estas dos orientaciones espaciales).

Sin duda, el desarrollo del pueblo "sufre" de su localización fuera del principal eje de transporte. Las limitaciones de acceso que tienen todas los servicios administrativos se van a reflejar en la intensidad de la comunicación que esta administración puede mantener con la población residente en el Parque y su zona aledaña. Tomando en cuenta que esta población vive mayormente de una economía de subsistencia, la realización de las actividades comerciales consume comparativamente más fondos de transporte que el arreglo de trámites administrativos, una situación que reduce todavía más la intensidad de comunicación que tiene la población con la administración municipal.



# Articulación espacial





### Los Negros

Los Negros pertenece, administrativamente, a Pampa Grande que esta a unos 20 minutos en movilidad. Tiene importancia comercial regional, lo que se refleja en un número relativamente grande de tiendas, puestos de mercadería, kioscos y talleres concentrados mas que todo al lado de la carretera. La oferta de productos que se puede encontrar abarcar casi todas las categorías (véase mapa 5 y 7).

Debido a los pueblos al alrededor de Los Negros, su crecimiento en los últimos años ha sido inmenso, hasta ha asumido varias funciones comerciales para la población de Pampa Grande. Los negocios de Los Negros han logrado crear su propia zona de influencia, bien articulada con Mairana, y claramente delimitada con Comarapa y Samaipata. Esto refleja un potencial económico que se encuentra en esta parte central de la zona aledaña sur del Parque Amboró. Sin embargo, recientemente aparecieron problemas en el mercado debido a precios bajos para productos agropecuarios, las cuales se explican por los problemas coyunturales.

Los Negros cuenta con escuelas primarias y secundarias, un hospital así como consultorías medicas particulares (véase cuadro 3, mapa 6), algunos de ellos, operando con médicos que vienen de Sta. Cruz, solo abren los fines de semanas.

Por la intensidad de los movimientos económicos, los cuales se traducen también en una afluencia de personas a este lugar, Los Negros tiene el potencial para asumir las funciones de un lugar central, que queda entre los Capitales provinciales de Samaipata y Comarapa. Parcialmente ya se puede notar síntomas para este proceso, p.ej. la existencia de una escuela secundaria. Basándose en los movimientos espaciales y sus tendencias futuras previsible, no sería sorprendente que Los Negros reemplace a Pampa Grande como Capital de Distrito.

### Hierba Buena

Hierba Buena es un centro poblado pequeño que solamente cuenta con un corregidor (y registro electoral) y pertenece al municipio de Mairana. Se produce tomate, zanahoria, maíz y papa que se vende hasta a Sta. Cruz. El pueblo tiene unas 40 casas, que parcialmente a la vez funcionan como pequeñas tiendas de productos básicos (véase mapa 5). Además tiene un puesto de salud y una escuela primaria (véase mapa 6). Localizado aproximadamente en el medio del camino entre dos centros con notables

perspectivas de desarrollo, Mairana y Los Negros, el pueblo ya no asume funciones centrales y es poco probable que habrá cambios en este sentido en el futuro cercano.

## Mairana

Mairana es municipio con alcalde y 5 concejales, corregimiento y registro civil. Mairana está caracterizado como zona de producción agropecuaria, produciendo especialmente mayores cantidades de huevos para todas las poblaciones de la zona de estudio.

Con respecto a la infraestructura social, el lugar cuenta con un hospital, clínicas particulares, escuelas primarias y secundarias, escuelas técnicas y academias, biblioteca municipal. Sin duda, Mairana ha logrado de asumir más funciones de centralidad de lo que se puede esperar según su rango dentro de la administración pública.

Existe una oficina pequeña del correo y otra oficina de la compañía de teléfonos Entel. A partir de Mairana la carretera hacia Sta. Cruz ya es asfaltada, algo que facilita mucho la comunicación constante la parte baja del valle. Hay tres líneas de micros diarios que hacen servicio desde Mairana hacia Sta. Cruz y un numero de buses está pasando en el recorrido desde / hasta Sucre. Por otra parte, Mairana es la sede de algunas cooperativas de taxis y funciona como centro de transporte para algunas poblaciones ubicadas en el límite del Parque Nacional o dentro del mismo (Hoyada, Agua Clara, La Yunga).

Se nota una amplia presencia de cooperativas de ahorro y crédito, lo que puede ser interpretado como un efecto traído por la alta actividad de comercio que se puede encontrar en este lugar. La variedad de productos ofrecidos parece ser ligeramente más baja que en Samaipata (véase mapa 5), por otra parte los negocios de Mairana han logrado establecer una zona de influencia más grande que la Capital provincial. La alta influencia que tienen paralelamente el mercado de Sta. Cruz refleja las buenas posibilidades que existen desde Mairana, tanto a la Capital del Departamento como a los pueblos pequeños en sus alrededores (véase mapa 4).

Un buen numero de sindicatos de campesinos y de transportistas ha escogido Mairana como centro de sus operaciones, algo que refleja otra vez el potencial económico asumido en este sitio por la población. Luego se encuentran oficinas de la Fundación PRODEM para el desarrollo de la

microempresa y de la empresa privada PROBIOMA, ofreciendo productos para el control biológico de plagas y enfermedades y dando apoyo técnico a los agricultores en los pueblos del alrededor.

Considerando la variedad de funciones que ya están asumidos, tanto administrativos como económicos, Mairana tiene todavía más potencial para tomar el papel de un lugar central, ubicado entre Samaipata y Comarapa.

### Samaipata

Samaipata es la Capital de la Provincia Florida. Por esta razón se encuentran varios servicios de la administración pública en la ciudad, p.ej. la sede de la Sub-Prefectura, el Corte Departamental y el Registro Civil. La administración del Parque Nacional Amboró ha abierto su oficina regional en Samaipata. La Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) mantiene una oficina por cuestiones de administración del Parque Nacional Amboró. Sin embargo, la oficina central para la zona fue trasladada hacia Comarapa.

En cuanto a los servicios sociales, hay que mencionar un hospital, con sucursales en San J. de Rosario y Bermejo, varios médicos especializados, una clínica veterinaria y algunas farmacias. Existen varias escuelas primarias y secundarias y, a nivel de la educación superior una escuela fiscal, un colegio de computación y, de más alto nivel, una sucursal del CIAT (Centro de Investigaciones Agrícolas Tropicales). Esto se lo puede resumir como la mejor oferta de servicios sociales en toda la zona, probablemente mejor que en muchos capitales provinciales también.

Los servicios de comunicación están bien desarrollados y comprenden dos compañías de teléfonos, el correo, un canal de radio y dos canales de televisión. Dos compañías de autobuses y cuatro Comités de Taxis ofrecen transporte directo a la ciudad de Sta. Cruz, adicionalmente existe la posibilidad de subir uno de los buses interdepartamentales que pasan por la carretera principal. Los Comités locales de Taxi ofrecen también los servicios a los pueblos ubicados en el límite del Parque (véase mapa 3). Merece mencionarse que los transportistas locales, en cooperación con los hoteleros abrieron una oficina de información turística. Esto indica una creciente conciencia que se requiere de una institucionalidad provincial para asegurar que una parte de los impactos de la economía de turismo queden en la Provincia.

Los negocios instalados en el sitio ofrecen la rama de productos más variados en la zona, algo que se explica también por el afluente turístico que ha creado cierta demanda específica (véase mapa 5). Por otra parte, la zona de influencia comercial que se ha desarrollado alrededor de Samaipata queda comparativamente pequeña y poco estructurada (véase mapa 4). La “cercanía relativa” de la ciudad de Sta. Cruz con su gran variedad de negocios debe ser la explicación para las limitaciones espaciales que encuentran los negocios de Samaipata. Los fines de semana la gente vienen desde Paredones, Achira, Aguas Claras, San J. de Rosario, Piedras Blancas etc. para frecuentar el mercado. Sin embargo, muchos vendedores de los pueblos ubicados en el límite del Parque se trasladan directamente hacia Sta. Cruz.

Esta ciudad representa una excepción en cuanto a las características económicas de la zona de estudio. Esto se debe a la atracción turística creada por la cercanía a las ruinas ‘El Fuerte’ y la buena accesibilidad desde Sta. Cruz, por 200 km de carretera asfaltada.

Así se cuenta con una infraestructura turística, una capacidad hotelera de 700 camas, un centro de información turística y un museo arqueológico. El turismo también ha influenciado la cantidad de restaurantes y puestos de ‘imbis’, los productos en venta en las tiendas y ha aumentado la presencia de comerciantes y la actividad ferial.

Samaipata alberga las oficinas de algunas cooperativas de ahorro y crédito, de cooperativas de servicios, de los sindicatos de transportistas y del magisterio. Tomando en cuenta el desarrollo turístico, lo sorprende de cierta manera que todavía no existe ningún Banco en Samaipata. Si bien es cierto, que algunas Cooperativas de Ahorro y Crédito han incluido “Cambio de Monedas” en su oferta, siendo los únicos en toda la zona, parece ser que la oferta no guarda relación con la demanda creada por el creciente número de turistas. Aparentemente, un porcentaje considerable de los turistas debe recurrir a los servicios bancarios de la ciudad de Sta. Cruz y/o el turismo llegando a Samaipata se concentra a visitas de corto plazo (p.ej. fines de la semana). De todas maneras, se presenta un cuello de botella para los planes de aprovechar el turismo para diversificar la economía provincial.

Se cuenta con los servicios de cuatro ONGs trabajando en proyectos de desarrollo rural y de agrobiología: ADESO (Asociación para el Desarrollo Sostenible), AGROPLAN y PRECONAT y PRODECAF (Proyecto de Desarrollo Rural de las Provincias de Caballero y Florida).

### 3.3 Efectos externos

Con la apertura de la nueva carretera Sta. Cruz – Cochabamba, pasando por el Trópico del Departamento de Cochabamba, la localización de la zona de estudio dentro de los conceptos de desarrollo nacional ha perdido importancia. El estado de mantenimiento de la vieja carretera hacia Cochabamba, una vez pasando Mairana en dirección al occidente, lo puede reflejar este cambio de prioridades de desarrollo. El asfalto se ha perdido completamente.

Como efecto de este nuevo proyecto de infraestructura, que pasa por las tierras bajas de los Departamentos de Sta. Cruz y Cochabamba, se puede esperar que:

- las condiciones para inversionistas privadas para instalarse en la zona de estudio se han empeorado y
- el número de migrantes espontáneas se debe haber reducido.

Las migraciones siguen siendo un fenómeno importante en la zona, sobre todo en la parte occidental. Además, las formas de uso del suelo implementado por los migrantes han influido notablemente la nueva composición de la estructura de producción y comercialización: sembradíos de locoto fueron traídos recientemente por las migraciones cochabambinas y sucrenses.

Un factor que influye claramente las formas de uso del suelo en la zona de estudio es la ciudad de Sta. Cruz. Sus mercados aparentemente atraen a gente de todos los pueblos estudiados para vender algo de su producción y hacer compras de todo tipo. Sin duda, cierto bienestar ha llegado a la zona a través de esta relación. Ciertas formas de sobre-uso del suelo ya están visibles como un impacto directo de esta perspectiva de producir para el mercado de la Capital del Departamento.

Un elemento potencial para el desarrollo turístico de la zona generado a partir de la creación de PNA, y del Fuerte de Samaipata, ruina arqueológica del lugar. Existe allí un promedio de 20 cabañas turísticas, de primer nivel y de alta inversión lo que ha permitido un flujo turístico de aproximadamente, de 6000 personas cada fin de semana, en la población de Samaipata. Como resultado de esta afluencia turística los negocios de ventas, de productos del lugar y los comercios de productos envasados han experimentado una alza, casi permanente en la zona, lo que ha generado también una incidencia de migración de pequeños comerciantes y ferias ambulantes, en el área.

### 3.4 Resumen de los datos parciales

Siendo una zona mayormente de producción agropecuaria es importante ver los destinos de esta producción.

Solo algunos productos cultivables están destinados al mercado, como por ejemplo el maíz, la sandía, el tomate y el arroz. Otros productos, como la papa y la arveja son cultivos de subsistencia y solo se venden los excedentes; la frutilla por ejemplo principalmente esta siendo intercambiada para elaborar mermelada. En términos generales se puede resumir, que debido a la producción de subsistencia, la cantidad de productos exportados de la región hacia Sta. Cruz y Cochabamba es mucho menor que la cantidad de productos traídos de allá de la zona.

En cuanto a la oferta de productos y servicios se nota una estrecha relación con la importancia administrativa y la cantidad poblacional de los centros respectivos. En general la zona cuenta con oferta limitada de productos tecnológicos de precios altos y durabilidad larga, como por ejemplo electrodomésticos, fotografía, relojería, televisión y maquinaria, autos, mueblería, las cuales son traídas de las ciudades. Con otras palabras: se nota la influencia del mercado de Sta. Cruz.

Se puede agrupar los centros del estudio de la siguiente manera:

#### Alto nivel de centralidad: Comarapa y Samaipata

En cada ciudad existe una Subprefectura, y como una consecuencia de esta jerarquía administrativa los dos lugares disponen de todos los servicios de salud, de educación, de transporte y de comunicación, incluso hoteles (más que todo en Samaipata). Solamente faltan sucursales bancarias (en toda la zona de estudio) y en Comarapa el correo. La oferta de productos es bastante amplia, pero más que todo se trata de alimentos y abarrotería en general. En el caso de Samaipata el turismo ha traído una oferta de productos más variada.

#### Mediano nivel de centralidad: Mairana y Los Negros

Estos dos lugares tienen corregimiento y disponen de los servicios básicos, incluyendo hospital y escuelas. Por otro lado, la oferta de productos en los negocios y mercados casi llega al mismo nivel como en los casos de Comarapa y Samaipata. Tomando en cuenta además, que esta zona ha logrado establecer su propia zona de clientes, se puede esperar que uno de

los dos lugares, probablemente Mairana, va a atraer más instituciones ofreciendo servicios administrativos en el futuro cercano.

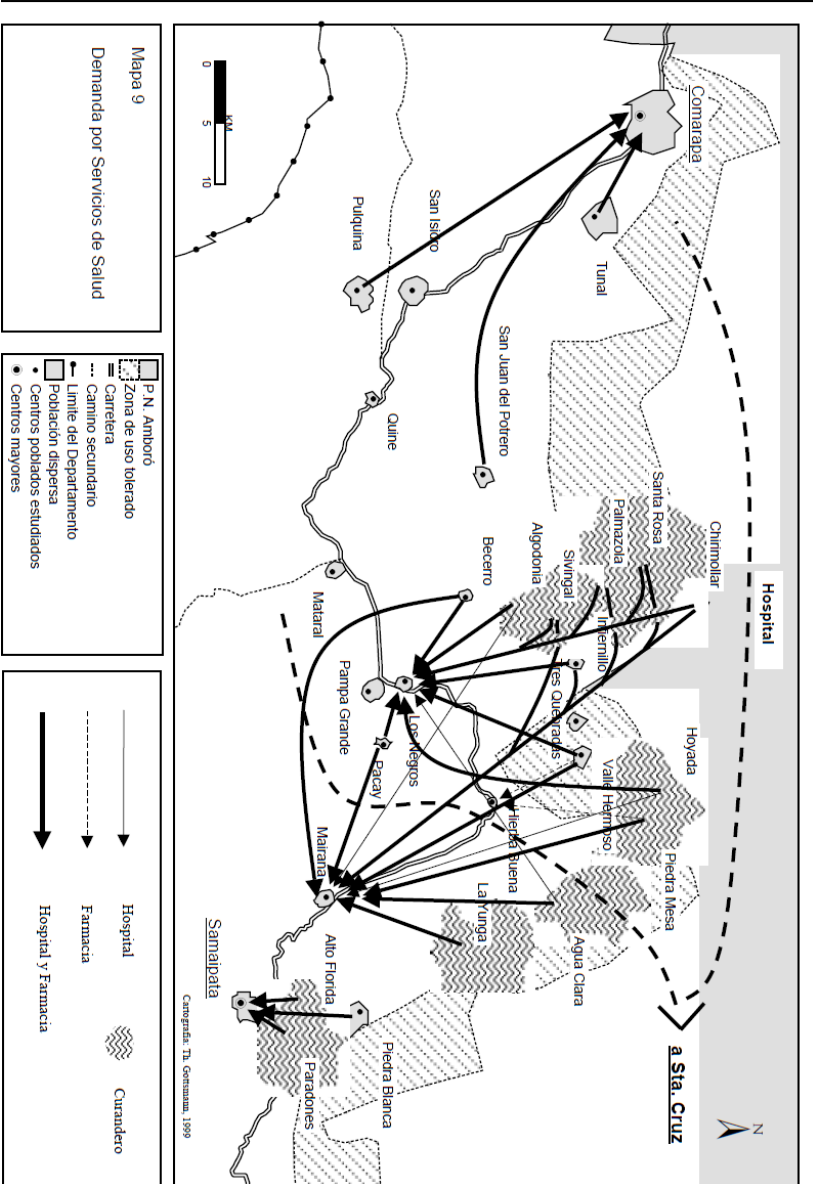
### Bajo nivel de centralidad: Mataral, Pampa Grande, Hierba Buena

Estos pueblos disponen de puestas de salud, escuelas primarias, oficinas ENTEL por otra parte en estos lugares falta el nivel más alto de servicios de salud y educación. Los mercados son de menor importancia hasta no existentes en forma organizada y formal. En cuanto a los servicios comerciales falta abastecimiento con electrodomésticos, maquinaria etc., es decir no existe suficiente capacidad de comprar para los productos de las jerarquías altas (y precios costosos). Como consecuencia tampoco hay servicio de banco y de correo.

## 4. Análisis de la demanda

Los servicios estatales de salud están deficientes en toda la zona aledaña analizada en este estudio. Si bien es cierto que en 30% de las comunidades visitadas (en 7 de un total de 20) existen Puestos de Salud, nunca fue calificado como buen este servicio (véase mapa 9). En comparación, los servicios ofrecidos por los curanderos en los alrededores de Los Negros, Hierba Buena, Mairana y Samaipata, tanto en lo que se refiere a un tratamiento básico de enfermedades como al acceso a medicina, substituyendo una farmacia, siempre están percibidos como „buenos“.

La zona cuenta con cuatro hospitales en Comarapa, Los Negros, Mairana y Samaipata. Aparentemente la población prefiere el servicio más cerca respectivamente, es decir: las comunidades visitadas en alrededor de Comarapa se dirigen a este hospital etc. Las observaciones en cuanto a la eficiencia de este servicio no están muy diferenciados. El hospital de Los Negros representa una excepción en este sentido, por ser la única instalación criticada frecuentemente.



## Articulación espacial

En todas las comunidades se mencionan el tratamiento médico en un hospital de la ciudad de Sta. Cruz como una alternativa, lo cual indica que la gente deben disponer de ciertos recursos financieros.

Analizando los servicios de la infraestructura social, se puede resumir que casi todas las comunidades cuentan con una Primaria (véase mapa 10). Considerando que se trata de una zona de inmigración, es probable que aquellas cuatro comunidades que no tienen este servicio básico representan fueron fundadas solo hace poco. La percepción de este servicio por la población muestra una diferencia principal: en todos los lugares visitados alrededor de Comarapa y Mairana este servicio fue criticado de cierta manera, mientras que el resto de la población viviendo en las otras poblaciones parece ser contento con este servicio.

Considerando que la población de todas las comunidades respondió a la pregunta „hacia dónde tienen que ir para atender la secundaria“, se puede concluir que este servicio de la educación tiene importancia para ellos y que la necesidad que sus hijos se integran lo más pronto posible en el proceso laboral no está tan pronunciada. Esto, a su vez, puede ser interpretado de tal manera que las comunidades llegaron a un nivel de desarrollo económico lo cual les permite invertir algo para el futuro. No fue criticado ninguna secundaria, sin embargo, merece mencionarse que aquella de Samaipata fue calificada explícitamente como „bueno“.

De una manera sorprendente, casi todas las comunidades respondieron a la pregunta: hacia dónde se dirigen para una educación superior. El interés en este servicio está claramente orientada hacia al ciudad de Sta. Cruz, algo que se explica por la conexión que existe por la carretera Cochabamba - Sta. Cruz y las relaciones múltiples que la población tiene en toda la zona con Sta. Cruz, sobre todo para satisfacer sus necesidades básicas. No es muy probable que se trata de una opción real para la mayoría de la población.

Un sistema de transporte público no existe en esta zona, alejándose de las carreteras principales (Sta. Cruz - Cochabamba, - Vallegrande, - Sucre). Sin embargo, servicios privados, sea camiones de algunos intermediarios llevando productos y pasajeros al mercado y/o taxis contratados por un grupo de personas, concetan todas las comunidades con los centros poblaciones sobre la carretera (véase mapa 3). Este servicio existe por lo menos los días domingo, existen una serie de poblaciones en el borde del Parque que están mejor conectadas (Becerro, Chirimollar como el caso más interesante por estar ubicado claramente dentro de los límites del área

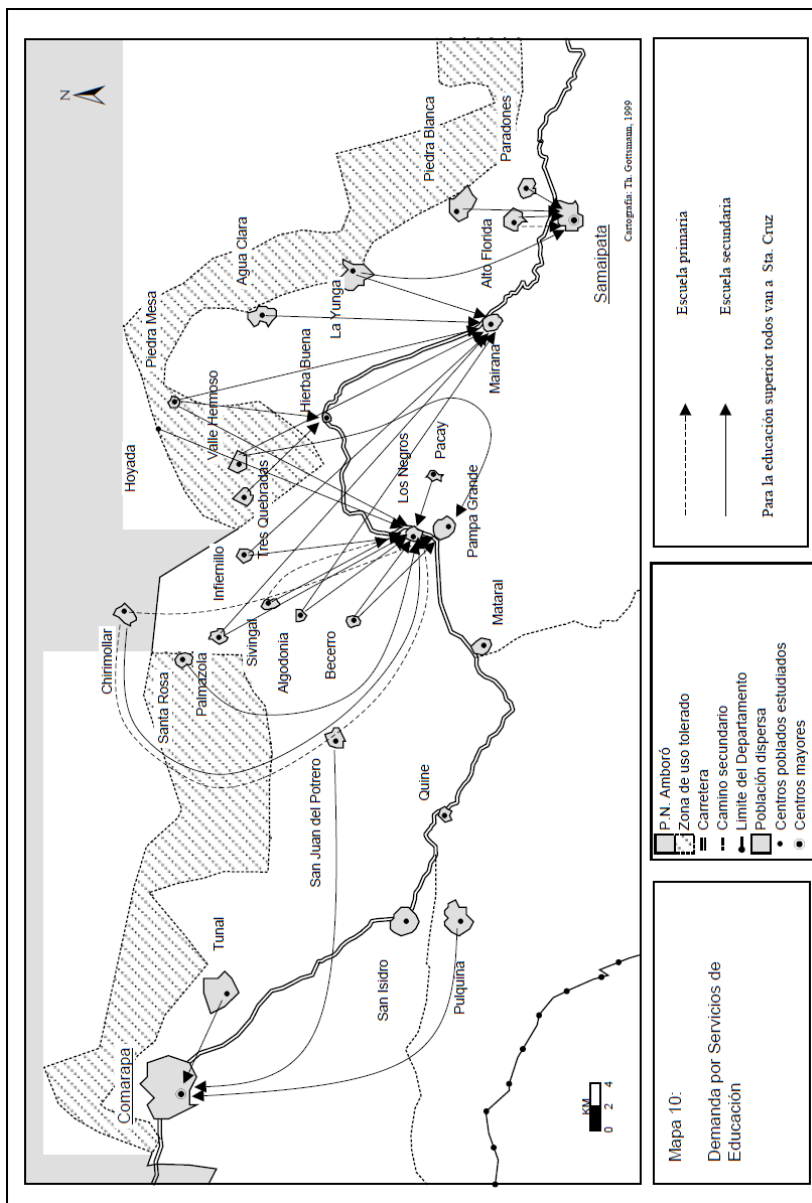
protegida, Valle Hermosa, Piedra Mesa y Agua Clara). La Yunga ya ha logrado una intensidad de transporte muy alta. La mayoría de la población coincide que este servicio queda deficiente.

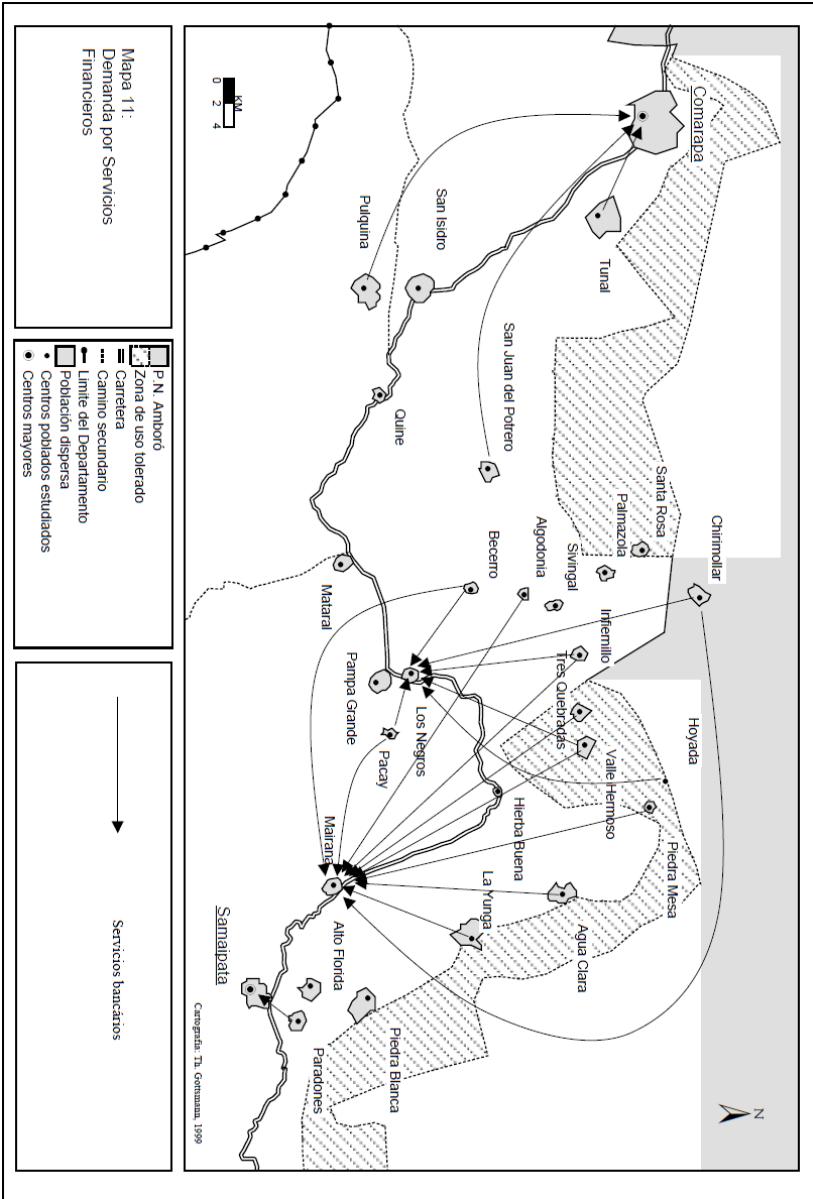
Ninguna comunidad cuenta con otro servicio de comunicación como teléfono, telégrafo o correo. Si bien es cierto que el radio llega a la mitad de las poblaciones analizadas en la zona aledaña del Parque Nacional Amboró, hay solo dos comunidades que articularon usarlo explícitamente como instrumento para la comunicación. Se trata de San Juan del Potrero y de Palmasola.

Interpretando estos resultados en el fondo de la temática del uso de los recursos naturales, se puede resumir que en ningún sitio existe un acceso bueno a los mercados, tomando en cuenta un sistema de transporte deficiente y limitaciones para informarse sobre las tendencias actuales.

Ninguna de las comunidades visitadas tiene servicios financieros en el mismo lugar, con la excepción de una Cooperativa en Plamasola (véase mapa 11). Sin embargo, no se critican los servicios financieros de la zona. En los centros más importantes sobre la carretera principal, Samaipata, Mairana, Los Negros, Comarapa, siempre se encuentran más que una Cooperativa y/u ONG que ofrece una parte de estos servicios bancarios.

# Articulación espacial





## Articulación espacial

Analizando la localización de negocios permanentes y mercados periódicos, se nota que en casi todas las comunidades cercanas de Los Negros, Pampa Grande, Mataral y Comarapa se pueden conseguir los productos más esenciales en su propio pueblo (véase mapa 7).

Aparentemente, tres comunidades se encuentran en un proceso de transición (Palmasola, Sta. Rosa, Valles Hermoso), porque deben de un servicio de comercio ambulante todavía. Equipos móviles traen regularmente los productos básicos hacia las comunidades, incluyendo en el caso de Sta. Rosa, algo sorprendente, hacia donde llegan los agroquímicos a través de comerciantes ambulantes.

Si bien es cierto que una oferta para satisfacer necesidades básicas existen en muchas comunidades, aparentemente, esta oferta solo parcialmente responde a la demanda. La población de todas las comunidades se traslada a los centros poblaciones sobre la carretera principal, para conseguir tanto productos de baja como de alta jerarquía (electrodomésticos etc.). La distribución especial de las preferencias para hacer estas compras da la imagen que la parte central de la zona, Mairana / Los Negros, atrae más clientes, un proceso que a su vez puede dar impulsos para el futuro desarrollo económico de estos dos lugares.

De una manera sorprendente, un poco más que la mitad de la población viviendo en las comunidades analizadas, se traslada a la ciudad de Sta. Cruz para conseguir productos básicos como comida y bebida. No se puede explicar este comportamiento por motivos económicos.

La población de todas las comunidades asiste regularmente a los mercados, tanto en la zona misma como en Sta. Cruz. Analizando la distribución especial de estas visitas a los mercados, se muestran características parecidas como en el caso de los negocios permanentes. Si bien es cierto que no se dispone sobre datos aclarando lo que se vende o compra en los mercados, las mismas visitas a los mercados pueden ser interpretado como un indicador que no se trata de comunidades con una economía de subsistencia, si no que hay cierto potencial económico (para vender productos, para comprar algo). Esta hipótesis corresponde con las observaciones formuladas con referencia a los servicios financieros.

Los servicios esenciales de administración están accesibles para toda la población de la zona (cedulación, registro electoral, registro civil, titulación de tierras; véase mapa 8). Merece mencionarse dos excepciones: considerando que solo en dos casos, Valle Hermoso y Piedras Blancas, se

respondieron a „hacia dónde se dirigen para pagar luz y agua“, se puede concluir que en el resto de los casos este servicio no existe.

Enfocando más precisamente servicios de administración relevantes directamente para el manejo de los recursos naturales, lo llama la atención que se responden solamente en dos comunidades a „dónde están arreglando concesiones para el uso de los recursos naturales?“ (Piedra Mesa, San Juan del Potrero). Esto podría ser interpretado como un indicador que la mayoría de la población en los pueblos analizados en este estudio todavía no ha arreglado sus formas de uso de los recursos naturales y/o que hay poca capacidad administrativa para enforzar el cumplimiento de las leyes y decretos en esta zona.

Refiriéndose a los servicios administrativos ampliamente accesibles en la zona, aquello de la titulación de la propiedad interesa más para el manejo de los recursos naturales. Existe este servicio en todos los centros visitados con la excepción de Mataral, algo que se explica por su dependencia del municipio de Pampa Grande. Mientras que hay una relación clara en las comunidades aledañas de Samaipata y Comarapa hacia el centro poblacional respectivo, no existen preferencias claras en el centro de la zona de estudio para tramitar este asunto en un lugar específico. La ciudad de Sta. Cruz representa una alternativa para arreglar la titulación de la propiedad para la población de toda la zona.

## 5. Conclusiones

La zona aledaña al sur del Parque fue colonizada desde mucho tiempo, como consecuencia los terrenos más aptos para el aprovechamiento agrícola fueron ocupados y los inmigrantes llegando a la zona inevitablemente tienen que instalarse en los espacios periféricos del Valle, por ejemplo en el área protegida o muy cerca de sus límites. La fundación del Parque Nacional Amboró y las frecuentes modificaciones de sus límites reflejan estos conflictos claramente. El área protegida aparentemente estuvo percibido como una reserva de tierras para ser incorporadas en la economía.

- En cuanto a la delimitación de una zona aledaña del Parque Amboró cabe resaltar los siguientes aspectos:
- Existe una variedad de relaciones entre las poblaciones que se encuentran en la zona limítrofe del Parque y los centros poblacionales del Valle mismo y de la ciudad de Sta. Cruz.
- Una parte considerable de esta zona limítrofe, incluyendo partes dentro del área protegida están aprovechados con fines económicos.

## Articulación espacial

- Partiendo desde un punto de vista de las “relaciones funcionales” que existen, habría que integrar las ciudades como Los Negros, Mairana, Samaipata y Comarapa en una futura zona de amortiguamiento para el Amboró, porque una parte de la vida de las poblaciones en la frontera con el Parque se define en las posibilidades de comercialización, de servicios administrativos y económicos que existen en estos lugares en el centro del Valle.

En cuanto a la estructura actual del espacio, merece recordarse los aspectos siguientes. Todos los centros del estudio ya funcionan como eje de intercambio, comercialización y prestación de servicios (de salud, sociales etc.) para otros las poblaciones más alejados de la carretera.

- Se puede observar una cierta distribución de funciones entre los principales centros poblados:
- Los Negros y Mairana han asumido la función de la comercialización, lo que corresponde bien con su ubicación en el centro de toda la zona y una accesibilidad comparativamente alta desde todas las partes..
- Las funciones de la administración del área protegida y de los recursos naturales están localizadas tanto en Comarapa (las ONGs CARE y FAN, es decir, los representantes de la sociedad civil) y Samaipata (la oficina desconcentrada del Servicio de Parques, es decir, la representación estatal). En Samaipata se concentran también todas las instalaciones que ofrecen ciertas perspectivas para una diversificación de la economía provincial, lo que se refiere principalmente al turismo (probablemente ecoturismo).
- Tanto en Comarapa como en Samaipata existen instalaciones para ciertas formas de la educación superior. Varias cooperativas ofrecen servicios bancarios, incluyendo en el caso de Samaipata servicios especiales como el cambio de monedas, un servicio que se explica por el desarrollo turístico. Sin duda, este servicio podría ser mejorado, p.ej. instalando un Banco. Por otro lado, considerando la percepción de este servicio por parte de los usuarios, no se formularon críticas decisivas.

La “Carretera antigua a Cochabamba” todavía representa el eje económico principal de toda la zona, la cual está complementada por toda una red de caminos secundarios, que facilitan la accesibilidad a las zonas remotas del Valle, como por ejemplo el Parque Amboró. La infraestructura vial puede ser calificado como regular, por lo menos en la época de sequía. Si bien es cierto, que la oferta de transporte llegando a las poblaciones en la zona limítrofe con el Parque no satisface las espectivas de los residentes, en

comparación con zonas parecidas en el vertiente oriental de los Andes puede ser calificada como mejor que el promedio. La inauguración de la carretera nueva Sta. Cruz - Cochabamba se refleja en un desarrollo menos dinámico en las poblaciones en la zona del estudio ubicados sobre la carretera antigua.

- Considerando la oferta de transporte, se debe diferenciar dos características principales:
- Hay un movimiento constante desde / hasta Sta. Cruz. Todos que quieren circular sobre el eje central pueden beneficiarse..

No existe una oferta de transporte público para llegar a las comunidades en las zonas aledañas del Parque. Sin embargo, en la mayoría de los casos se instalaron un sistema de transporte privado („taxi contratado“) que todavía responde a las necesidades de la mayoría de la población.

En cuanto a las instituciones propias de la zona, que podrían ser concebidas como un potencial importante para inducir cambios, la zona cuenta con una estructura interesante:

- ONGs conectadas con el diálogo internacional sobre conservación y uso sostenible de los recursos naturales (CARE y FAN).
- Entidades descentralizadas de la administración pública nacional, que cuentan con una buena base de competencias y que mostraron (parcialmente) capacidades conceptuales notables.

Merece mencionarse como una característica importante de la estructura poblacional de zona , que una parte considerable de poblaciones alejadas del eje central son de reciente creación, formadas por migrantes. Ellos mismos muchas veces tienen una permanencia esporádica en la zona que depende normalmente de la venta de los productos que cultivan generalmente ligado a especies poco adaptados al medio ambiente de la zona, como el caso de las plantaciones de locoto. Para entender este comportamiento, hay que considerar dos factores básicos: por un lado existe el interés (la necesidad) de generar recursos monetarios, por otro lado, no hay una preocupación por la situación medio ambiental, una situación que tiene su explicación en la lógica de una migración esporádica.

## 6. Bibliografía

Amend, Th. y St. (Ed.), Espacio sin habitantes? UICN - Unión Mundial Para La Naturaleza, Caracas/ Gland, 1992

Arce, J.P.; Beck, S.; Ergueta, P.; Estenssoro, S.; Flores, E.; Garcia, E.; Goitia, L.; Marconi, M.; Salinas, E.: Diagnostico de la diversidad biológica de Bolivia, Washington 1988

Baudoin, M.; España, R.: Lineamientos para una Estrategía Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica, La Paz 1997

Blanes, J.: Análisis de la Población, sus Categorías de Valorización social de la Biodiversidad y de la Administración Comunal en el Amboró (Informe de Investigación no publicado, elaborado La Paz 2001)

Bromely, R.; Bromely R.D.F., Defining central places system through the analysis of bus services: The case of Ecuador, en: *Geographic Journal* 145, London, 1978, p. 416-435

Catholic Relief Service y Probioma: Diagnostico socioeconómico y de manejo de recursos naturales en comunidades colindantes al parque nacional Amboró, sector sur, Sta. Cruz, 8/1994

CONDOR: Una herramienta de análisis regional para el desarrollo sostenible de la región andina (CD-ROM, elaborada por Conservation International y la Corporación Andina de Fomento)

Cordecruz (Corporación de Desarrollo Regional de Santa Cruz); Consorcio IP/CES/KWC (Institut für Projektplanung, Salzgitter-Consult, Kirchner und Wolf-Consult,): Plan de Uso del Suelo, Santa Cruz de la Sierra 1994

Cordecruz, KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) Consorcio IP/CES/KWC: Plan de Uso del Suelo – PLUS, Sta. Cruz 1995

DANIDA (Ministry of Foreign Affairs Denmark Danida): Environment Sector Programme Support Development Project), Informe no publicado, La Paz 1998

FAN (Fundación Amigos de la Naturaleza) / MDSMA (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente) Contrato marco entre el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente y la Fundación Amigos de la Naturaleza sobre la administración de los Parques Nacionales Noel Kempff y Amboró, La Paz 1995

FAN / TNC (The Nature Conservancy): Plan de Manejo del Parque Nacional y el Area Natural de Manejo Integrado Amoro, Sta. Cruz 1997

FONAMA (Fondo Nacional para el Medio Ambiente): Proyecto Conservación de la Biodiversidad y Ecosistemas en Areas Protegidas, La Paz 1994

Fundación Natura: Acciones de desarrollo en zonas de influencia de áreas protegidas, Quito 1991

Gierhake, K.: Die Rolle der öffentlichen Investitionen im Prozess der Regionalentwicklung in Bolivien (1987 - 1990), en: Geographische Zeitschrift, Vol. 79, 1991, Cuaderno 4, p. 229-245

Gierhake, K.: Medio Ambiente y Planificación Territorial en Bolivia, La Paz 1997

Gierhake, K.: Instrumentes eines Umweltmanagements: das Beispiel Raumordnung in Bolivien: Materialien des Zentrums für regionale Entwicklungsforschung der Universität Giessen Bd. 43, Giessen 1998

Gierhake, K.: Gestión de la Biodiversidad y de los Recursos Naturales en Bolivia, in: Giessener Elektronische Bibliothek (GEB), Online Publikation, <http://bibd.uni-giessen.de/ghtm/2001/uni/p010013.htm>, Giessen 2001 a

Gierhake, K.: Vielfalt institutioneller Kompetenzen als Limitierung für die Umsetzung nachhaltiger Entwicklung in Planungshandeln. Bolivien, Ecuador und Peru im Vergleich, in: Giessener Elektronische Bibliothek (GEB), Online Publikation, <http://bibd.uni-giessen.de/ghtm/2001/uni/p010014.htm>, Giessen 2001 b

MAC (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios): Mapa Ecológica de Bolivia, La Paz 1975.

Marconi, Maria de; Susana Donoso de Baixeras: Habitantes en las áreas protegidas de Bolivia, en: S. y T. Amend (ed.): Espacios sin habitantes? Parques Nacionales de América del Sur. Caracas/ Gland 1992, p. 53 - 79

Marconi, M.: El Sistema Nacional de Areas Protegidas y las Areas bajo Manejo Especial, in Marconi, M. (Hrsg.): Conservación de la Biodiversidad en Bolivia, La Paz 1992

MDH (Ministerio de Desarrollo Humano): Mapa de la Pobreza. Un Guía para la Acción Social, La Paz 1995

MDSMA (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente): Delimitación del Parque Nacional Amboró, La Paz, 1994

## Articulación espacial

MDSMA: Guía metodológico para la Formulación de Planes de Ordenamiento Territorial Departamental, documento interno no publicado, La Paz 1995

Montes de Oca, I.: Geografía y Recursos Naturales de Bolivia, La Paz 21989

Moscoso V., Arturo: Parque Nacional Amboró y la presión colonizadora, en: S. y T. Amend (Ed.): Espacios sin habitantes? Parques Nacionales de América del Sur. Caracas/ Gland 1992, p. 83 - 88

Moscoso V., A.: Análisis del Sistema de Areas Protegidas en Bolivia (Informe de Investigación no publicado), La Paz 2001

Nuhn, H., Räumliche Dezentralisierung im Dienstleistungsbereich und ihre Bedeutung für die Entwicklung des zentralörtlichen Systems in Costa-Rica 1970-1985, ei: Nuhn, H.; Ossenbrügge, J., (Ed.) Polarisierte Siedlungsentwicklung und Dezentra-lisierungspolitik in Zentralamerika, Teil 1, Hamburg, 1987, p. 73-134

Pacheco Balanza, P.: Estilos de desarrollo, deforestación y degradación de los bosques en las tierras bajas de Bolivia, La Paz 1998

PMZA (Proyecto Manejo de Zonas de Amortiguación de Areas Protegidas): Marco Político y Estrategia Global de Implementación de Zonas de Amoritugación de Areas Protegidas, documento de trabajo no publicado, La Paz 1998

Pref. Sta. Cruz (Prefectura del Departamento de Sta. Cruz), PRODISA (Programa de Desarrollo Micro-regional de las provincias Ichilo y Sarah), Consorcio IP/CES/KWC: Plan de Ordenamiento Territorial para la Unidad Agroforestal del PLUS al norte de los municipios de Santa Rosa y San Carlos, Sta. Cruz 1996

Pref. Sta. Cruz: Plan de Desarrollo Microregional de Florida, Sta. Cruz 1996

Pref.Sta. Cruz: Plan Departamental de Desarrollo (documento no publicado), Sta. Cruz 1998

PROBIOMA (Productividad Biosfera y Medio Ambiente) / CARE: Diagnóstico Socioeconómico y de Manejo de Recursos Naturales en Comunidades Colindantes al Parque Nacional Amboró – Sector Sur, Sta. Cruz 1994

Rep.Bolivia (República de Bolivia): Ley No. 1333, Ley de Medio Ambiente, La Paz 1992

Rep. Bolivia: Ley No. 1551, 20.4.1994, Ley de Participación Popular, 1994 a

Rep.Bolivia: Decreto Supremo No. 23813, Reglamento de la Ley de Participación Popular, 1994 b

Rep. Bolivia- Ministerio de Desarrollo Humano: Mapa de la Pobreza. Una Guía para la Acción Social, La Paz 21995 a

Rep. Bolivia - Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente: Plan Nacional de Ordenamiento Territorial, La Paz 1995 b

Rep. Bolivia - Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente: Ley de Ordenamiento Territorial", documento no publicado, La Paz 1995 c

Rep. Bolivia: Decreto Supremo 24124 (Plan de Uso del Suelo Sta. Cruz), La Paz 1995 e

Rep.Bolivia: Mapa Forestal de Bolivia, La Paz 1995 f

Rep.Bolivia: Normas básicas de los Sistemas: Nacional de Planificación, Nacional de Inversión Pública, Programación de Operaciones, La Paz 1995 g

Rep.Bolivia: Decreto Supremo N.24781 (Reglamento General de Areas Protegidas), La Paz 31 de junio de 1997 a

Rep.Bolivia: Marco General para el Ordenamiento Territorial (documento no publicado), La Paz 1997 b

Ribeira, M.: Región Ecológica, in: Marconi, M. (Hrsg.): Conservación de la Biodiversidad en Bolivia, La Paz 1992, S. 9 - 72

Smith, C.: Class Relation and Urbanization in Guatemala: towards and alternative theory of urban primacy, in: Timberlake, M. (Ed.): Urbanization in the World Economy, Memphis/Tennessee 1985, p. 121-187

Spielmann, H.O.: Der tertiäre Sektor im Urbanisierungs- und Regionalentwicklungsprozess. Fallstudie Westguatemala, Hamburg 1983

SURAPA (Sistema de Areas Protegidas de la Amazonía): Sub-Network of Amazonia Protected Areas (CD-ROM)

TCA (Tratado de Cooperación Amazónica): Legislación internacional sobre Diversidad Biológica y propiedad intelectual, Quito 1994

TCA: Sustainability of the Amazon Forest. Tarapoto Proposal, Lima 1995

UCO (Universidad de Córdoba, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes): Trabajos de Campo realizado en el Proyecto "Zonas de Amortiguamiento ..." , Sta. Cruz / Córdoba 1999 – 2000

## Articulación espacial

UICN (Ed.): Protected Areas of the World, Vol. 4 – Nearctic and Neotropical, Gland / Cambridge 1992

UNEP (United Nations Environmental Programme): Convention on Biological Diversity, Nairobi 1992

WWF (World Wide Fund for Nature): Ecoregiones (pagina- web del WWF)



Plantas jóvenes de manzano en sistemas agroforestales

## Caracterización de la zona de estudio

### 1. Introducción

En este capítulo se realiza una descripción de la zona de estudio, desde el punto de vista biofísico, social y económico. Esta descripción tiene el propósito, además de transmitir cuál era el contexto del estudio, de brindar información que pueda servir de insumo para analizar la validez de la propuesta para otras zonas con características ecológicas similares.

### 2. Descripción física de la zona de estudio

El departamento de Cochabamba es uno de los nueve departamentos del Bolivia. Se encuentra ubicado en el centro del país.

El departamento de Cochabamba presenta los tres ecosistemas generales que tiene Bolivia: llanos, valles y altiplano-puna. En este sentido, incluye zonas que van desde menos de 100 msnm hasta más de 5.000 msnm. Asimismo, el clima es muy variable, desde las zonas más secas, con precipitaciones pluviales de menos de 400 mm por año, hasta la zona de los yungas del Chapare, con mas de 5.000 mm de precipitaciones por año.

La zona específica de estudio, la zona semiárida de Cochabamba, se encuentra en la región andina (2.600-3.500 msnm) del departamento.

La zona semiárida, que constituye el contexto de la presente investigación, está incluida en la región ecológica denominada “Vertiente Oriental Andina y Valles Interandinos”, y más específicamente caen dentro de las ecoregiones de los Bosques Secos Interandinos y la Puna Semihúmeda (Ibisch / Beck / Gerkmann / Carretero 2003).

La ecoregión de los Bosques Secos Interandinos se inicia hacia el sur en los valles de la Argentina, atraviesa Bolivia (Departamentos de Tarija, Chuquisaca, Potosí, Cochabamba y La Paz) y termina en el Perú. Incluye paisajes de valle más o menos disectados y pequeñas planicies. Comprende valles situados en una altitud de 500-3.300 msnm, presenta temperaturas promedio en torno a 12-16°C (siendo la máxima mayor a 30°C y la mínima menor a 0°C), precipitaciones promedio anuales inferiores a 500-700 mm y un número de 6-8 meses prácticamente sin lluvias (Ibisch / Beck / Gerkmann

/ Carretero 2003). Se trata de una región de elevada heterogeneidad, que se halla muy fragmentada por las condiciones naturales y la interferencia humana. Es también un centro de endemismo del país, con muchos grupos de organismos en esa condición, lo que les confiere una gran importancia desde el punto de vista de la conservación.

Esta ecoregión presenta una actividad humana muy antigua, lo que ha implicado procesos de degradación muy marcados, especialmente por la erosión de los suelos. Muchos bosques de las zonas de valle están totalmente transformados, habiendo muy pocos sitios donde se mantienen intactos. Según Ibisch / Beck / Gerkmann / Carretero (2003), se estima que en total en la zona existen alrededor de 100-200 especies de árboles nativos, entre los cuales destacan: *Acacia* spp., *Astronium urundeuva*, *Cardenasiodendron brachypterum*, *Erythrina falcata*, *Kageneckia lanceolata*, *Polylepis neglecta*, *Prosopis* spp., *Schinus molle*, *Schinopsis haenkeana* y *Tipuana tipu*.

Las Puna Semihúmeda por su lado se inicia también en la Argentina y se prolonga en Bolivia por los departamentos de Tarija, Chuquisaca, Potosí, Oruro, Cochabamba, hasta el norte de La Paz. Abarca altitudes entre 3.200 y 4.200 msnm. Presenta temperaturas promedio anuales entre 7 y 10°C, una precipitación promedio anual entre 400 y 1.100 mm y un número de 4-6 meses áridos (Ibisch / Beck / Gerkmann / Carretero 2003). Incluye un paisaje de serranías, mesetas altas y valles. Aunque es una región potencialmente boscosa, presenta índices muy elevados de deforestación de especies nativas, donde es difícil encontrar los bosques originarios de *Polylepys*, *Buddleja* y *Duranta*, entre otros. La vegetación que se observa mayormente es de pajonales con arbustos, matorrales de arbustos resinosos y restos de bosques, principalmente de *Polylepis*. Entre las especies leñosas se encuentran más que todo: *Adesmia spinosissima*, *Baccharis boliviensis*, *B. incarum*, *Buddleja coriácea*, *Polylepis besseri* y *P. racemosa* (Ibisch / Beck / Gerkmann / Carretero 2003).

En relación al contexto específico de las diez parcelas, todas ellas se encontraban en zonas de uso agrícola y ganadero. El tipo de agricultura era familiar y convencional, con los cultivos tradicionales de cada zona (principalmente maíz, trigo, hortalizas y flores, en las partes bajas, y tubérculos y otros en las partes más altas). Todas ellas tenían acceso a riego auxiliar, a excepción de las parcelas de Mollesneja, en Vinto, que funcionaban completamente a secano. A excepción de la parcela de Pairumani, todo el resto se hallaba ubicada en ladera, más o menos

## Caracterización de la zona de estudio

empinada. Debido a ello y a la presión del manejo, su entorno se hallaba fuertemente afectado por perturbaciones o impactos de origen humano: sobrepastoreo, erosión de suelos, quemadas periódicas, extracción de leña, balances negativos de nutrientes en el suelo, etc., hasta el punto de llegar a etapas de degradación con pérdida de idoneidad ecológica y sus características. En el entorno se encontraban escasos relictos de bosques naturales potenciales. De hecho consistían únicamente en árboles aislados y dispersos, refugiados en laderas abruptas de fuerte pendiente ubicadas en quebradas montañosas, de acceso dificultoso, donde se hallaban más protegidos de los incendios, de la explotación para la extracción de leña y de acceso para los herbívoros.

El Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación realizó una evaluación de los procesos de degradación en la región árida, semiárida y subhúmeda seca de Bolivia. Estimó que 85,6% de la tierra presentaba algún grado de degradación por erosión, el proceso degradativo más frecuente, y el 39,3% de dicha superficie se encontraba en algún grado del proceso de desertificación (PRONALDES, 1996). En cuanto a la zona seca del departamento de Cochabamba, estimó que el 96% de la superficie estaba afectada por el proceso de erosión (PRONALDES, 1996).

Las parcelas de investigación se encontraban ubicadas en dos pisos ecológicos: altimontano y montano, según el modelo de caracterización bioclimática de Rivas-Martínez (Navarro 2015). El piso *altimontano* de la zona de estudio tiene correspondencia con la Puha Semihúmeda ya descrita; en ella predominan naturalmente los bosques de *khewiña* (*Polylepis subtusalbida*).

El otro piso ecológico es el piso montano, relacionado con los Bosques Secos Interandinos, en los que predominan de manera natural en la zona, Najna (*Escallonia millegrana*), Lloque (*Kageneckia lanceolata*), Chirimolle (*Zanthoxylum coco*), Molle (*Schinus molle*), *Escallonia schreireteri*, Jarka (*Acacia visco*), Ceibo (*Erythrina falcata*), y Soto (*Schinopsis haenkeana*).

### 3. Descripción social y económica

El departamento de Cochabamba tiene una población estimada de 1.972.000 habitantes (INE 2018), en 67.918 km<sup>2</sup> (GADC 2014). Con una densidad de cerca de 32 hab/km<sup>2</sup>, es el más densamente poblado del país.

Cochabamba es el tercer departamento en el país, tanto en población como en economía.

La ciudad de Cochabamba, capital del departamento, tiene en su Zona Metropolitana un aproximado de 1.113.474 hab (2012). Con esto, la población urbana del departamento alcanza un 69,8 %, en tanto que la población rural un 30,2 % (INE 2018). En las últimas décadas, se ha registrado un importante proceso de migración hacia la ciudad, proveniente tanto de las zonas rurales del mismo departamento así como de otros departamentos del país.

Las actividades económicas principales del departamento son los servicios (financieros, transporte, comunicación, entre otros), la industria y la agropecuaria, en ese orden.

Tradicionalmente, el sector agrícola ha sido muy importante, tanto en términos de aporte al producto así como en ocupación de la mano de obra. En este sentido, gracias al clima y la variedad de pisos ecológicos, Cochabamba ha sido considerada, desde la época prehispánica, el granero de la región. En la época republicana, se la ha considerado el granero de Bolivia. Los productos agrícolas son muy variados debido a la diversidad de pisos ecológicos; sin embargo los más significativos debido a la tradición cultural son los tubérculos en la zona alta, el maíz, hortalizas y frutales en la zona de los valles y las raíces, frutales, industriales y la hoja de coca, en la zona de los llanos.

En cuanto a la zona semiárida, contexto del presente estudio, los principales productos son los cereales (básicamente maíz para consumo fresco y seco, en los valles, pero también trigo, avena y cebada más que todo en las laderas de los pisos más elevados), hortalizas (cebolla, zanahoria, lechuga, remolacha, entre otras, todas ellas al borde de los ríos y en las zonas de riego), tubérculos en los pisos agroecológicos superiores (papa, oca, papaliza), leguminosas (en diversos pisos, haba, arveja, tarwi, frijoles, maní) y frutales (principalmente en los valles bajo regadío, durazno y manzana).

Por otro lado se tiene también una importante producción pecuaria. Dentro de ella, la principal es la lechera, basada en el pastoreo de forrajes frescos

## Caracterización de la zona de estudio

(alfalfa, maíz, entre otros) y heno de maíz y otros forrajes en la época seca. También es importante en la producción pecuaria, la avicultura y la porcicultura, actividades altamente dependientes de la importación de maíz y soya, provenientes especialmente de los llanos de Santa Cruz. En las zonas más altas se tiene también una importante producción ovina y de camélidos.

Dichas actividades son las preponderantes en las zonas rurales del departamento. La actividad agropecuaria todavía es la principal fuente laboral en el departamento de Cochabamba. Sin embargo, siguiendo la tendencia general, está en permanente disminución. En el último censo nacional, año 2012, la fuerza laboral del departamento estaba dedicada a la agropecuaria en un 29,06 % (Manzano 2015).

En cuanto al tipo de agricultura, existen dos sistemas de producción agrícola en Bolivia (Valenzuela 2008). En las tierras altas del país, donde está ubicada Cochabamba, existe la forma de producción tradicional, en pequeña propiedad, orientada más que todo al autoconsumo, con escasa mecanización y uso de insumos, y que recae en la mano de obra familiar (Valenzuela 2008). En las tierras bajas en cambio, predomina la agricultura comercial, en grandes extensiones, mecanizada y bajo el modelo de agricultura convencional.

Una característica muy marcada en esta zona rural es la emigración, ya sea temporal, principalmente hacia el trópico para la producción de hoja de coca, o permanente hacia los centros urbanos del país y del exterior. Con esto, la producción de alimentos en el departamento ha ido disminuyendo con el paso de los años. Este contexto es poco favorable para la producción agrícola intensiva en mano de obra y de largo plazo, como es la fruticultura o la floricultura.

El Índice de Desarrollo Humano, IDH, del departamento de Cochabamba el año 2013 fue de 0,694 y corresponde a un nivel medio (PNUD, 2013).

#### 4. Marco institucional de la agroforestería dinámica de Cochabamba

Hoy en día en Cochabamba existen varios actores que apoyan la difusión de ésta práctica productiva y acompañan a productores en la implementación de la técnica agroforestal, buscando también realizar incidencia política para lograr mayor aceptación a nivel general.

**Organizaciones gubernamentales.** El gobierno tiene tres niveles en la jurisdicción de Cochabamba, el nacional, el regional (gobierno departamental) y el local (gobierno municipal). Los niveles nacional y departamental, serían los más relevantes para difundir la innovación, por su alcance geográfico. Sin embargo, al presente solamente algunos municipios del departamento de Cochabamba aportan al desarrollo de la agroforestería de manera concreta. Su aporte generalmente se ha manifestado a través de la dotación de algunos insumos a los agricultores interesados en iniciar una parcela agroforestal, tales como plantines de árboles acompañantes, plantines de árboles frutales, herramientas, etc. El interés en este apoyo se ha ido incrementando con el tiempo, de manera que algunos municipios se están volviendo actores y socios cada vez más importantes. Sin embargo los municipios podrían aportar de manera mucho más importante en la sensibilización y difusión de la agroforestería a través de los medios del Estado. También a través de la promoción directa de la innovación mediante las secretarías de medio ambiente (Secretaría de los Derechos de la Madre Tierra) y desarrollo productivo (Secretaría de Desarrollo Productivo y Economía Plural), y mediante programas y proyectos específicos. En este sentido se deben hacer todavía los esfuerzos para incorporar más activamente a este importante actor.

**Red ECOSAF.** La red Espacio COmpartido en Sistemas AgroForestales ([www.ecosaf.org](http://www.ecosaf.org)) inició a fines de 2008 con los objetivos de ofrecer en Bolivia una plataforma de intercambio en el ámbito de la agroforestería y realizar incidencia política para lograr la difusión de la agroforestería dinámica. Desde el año 2009, cada dos años fue realizado y sigue realizándose un congreso nacional en el cual los participantes ( productores, técnicos, académicos y estudiantes) comparten sus experiencias y resultados en la aplicación de la agroforestería. Asimismo la red publica de manera regular entre sus socios un boletín agroforestal a través de su página web y de correos electrónicos. La red ECOSAF está constituida por un grupo de instituciones (ONG's, Fundaciones, Empresas, Universidades,

Cooperación Internacional, etc.) y de personas (agricultores, profesionales). ECOSAF es gestionado a través de un coordinador nacional, cinco coordinadores regionales (altiplano, valles, amazonía, chaco y yungas) y un directorio. En la actualidad, ECOSAF es uno de los principales difusores de la innovación. Sin embargo, su potencial está limitado debido a que no tiene una personería jurídica, con lo que no tiene la capacidad de implementar proyectos propios y depende de las instituciones que lo conforman.

**Mollesneja – Centro de Agroforestería Andina.** En su predio de 16 hectáreas son experimentados e investigados por estudiantes de todo el mundo una gran variedad de consorcios agroforestales con el fin de ofrecer experiencias, conocimientos y resultados validados en el ámbito agroforestal, apoyando de esta manera la difusión de la práctica. Ofrece cursos y seminarios en el tema de agroforestería dinámica enfocando entre otros la transformación del material de poda en carbón vegetal para lograr *terra preta* y la aplicación de la madera rameal fragmentada. Tiene un importante conocimiento local, acumulado por la experiencia propia en el predio y por el intercambio técnico y académico permanente. Parte de este conocimiento está registrado en varias publicaciones. Su capital intelectual se encuentra en sus personeros, en las técnicas incorporadas en los diferentes consorcios agroforestales y en las relaciones a nivel nacional e internacional que ha establecido en sus años de funcionamiento.

**AGRECOL-Andes.** Con fondos provenientes de Alemania, esta ONG apoya a pequeños productores en la implementación de parcelas con sistemas agroforestales dinámicos con el fin de asegurar sus necesidades alimenticias y económicas y así evitar la migración rural hacia las urbes. En cuanto a la agroforestería dinámica, su centro de trabajo se encuentra distribuido en varios municipios (Tiquipaya, Vinto, Arani, Punata, etc.) de la zona semiárida de Cochabamba. Posee un capital intelectual importante en el conocimiento y experiencia práctica de sus técnicos, la serie amplia de parcelas que ha instalado donde se puede investigar a los sistemas agroforestales en diferentes contextos, la experiencia en la gestión de proyectos agroforestales y el capital relacional, con productores agrícolas, financiadores y entidades públicas y privadas.

**CETM:** La ONG Centro de Estudio y Trabajo de la Mujer comparte los mismos fondos que AGRECOL-Andes y asimismo difunde parcelas con sistemas agroforestales dinámicos enfocando como grupo meta a mujeres campesinas en un número creciente de municipios (Sacaba, Tiraque, Colomi, etc.) de la zona semiárida. Tiene un capital intelectual también importante,

por el conocimiento y experiencia práctica de sus técnicos en haber instalado más de 100 parcelas agroforestales en diferentes contextos, la gestión de proyectos, posee un centro de capacitación con una parcela agroforestal demostrativa, y un fuerte capital relacional, con productores agrícolas, financiadores y entidades públicas y privadas.

**UCBSP.** La Universidad Católica Boliviana San Pablo es parte de la Red ECO-SAF desde su fundación. Desde el año 2004 realiza investigaciones en parcelas agroforestales, centradas en registrar la evolución de diferentes indicadores: ambientales, agronómicos, sociales y económicos. Sus investigadores han realizado diversas publicaciones sobre el tema agroforestal. En el año 2019, el grupo de investigación *Estudios Ambientales*, que incluye el tema de sistemas agroforestales ganó el primer lugar del Premio Plurinacional de Ciencias y Tecnología, por sus investigaciones en sistemas agroforestales dinámicos. Como universidad, presenta tres facultades: de ingeniería, ciencias sociales y ciencias empresariales. Cada facultad presenta un centro de investigación con diferentes grupos temáticos. Ello le da un potencial de realizar estudios multidisciplinarios, incluyendo las áreas de antropología, psicología, comunicación social, medio ambiente y economía. Tiene laboratorios que le permiten realizar estudios de calidad de alimentos, suelos y aguas. Tiene una línea de investigación en comunidades transdisciplinarias de aprendizaje, que le permitirían aplicar esas metodologías para el desarrollo de la innovación social agroforestal. Por otro lado, desde 2019 se encuentra encaminando, conjuntamente con otras universidades bolivianas y europeas, un programa de master internacional en el ámbito de la agroforestería dinámica y la restauración ambiental. La Universidad Católica tiene el potencial de realizar acciones en las 3 grandes regiones ecológicas del país, ya que tiene cuatro unidades académicas: La Paz (en la región del Altiplano), Tarija y Cochabamba (en la región de los valles) y Santa Cruz (en la región de los llanos). También tiene siete unidades descentralizadas rurales (Unidades Académicas Campesinas), donde se imparten programas relacionados con el desarrollo rural. Finalmente, posee una red de vinculaciones con instituciones, principalmente no gubernamentales e internacionales.

**Granja Modelo Pairumani.** Su actividad principal es la producción lechera en un entorno de agricultura biodinámica. Tiene también la plantación proyectada agroforestal dinámica más grande de la región. Por otro lado, apoya la implementación de parcelas agroforestales dinámicas de pequeñas propiedades de su vecindario. Organiza actividades de difusión agroforestal,

tal como las Ferias Agroforestales anuales. Con las universidades Católica Boliviana y Mayor de San Simón, lleva a cabo acciones de investigación en agricultura ecológica y sistemas agroforestales. Su instalación de sistemas agroforestales dinámicos de gran escala es una experiencia muy importante, que permitirá comparar a los sistemas de pequeña y gran escala. Es parte de la Fundación Simón I. Patiño, que posee una reconocida estructura educativa y cultural, con una trayectoria en la difusión cultural y ecológica.

**Instituciones que financian sistemas agroforestales.** Han tenido un rol esencial en esta difusión inicial de la agroforestería. Organizaciones como Misereor, NatureFund, entre algunas otras, han financiado proyectos de promoción en localidades específicas, sin embargo con un alcance limitado. Hasta el presente no se han implementado parcelas de manera masiva en el departamento de Cochabamba. Hasta el momento posiblemente se tiene un total de 200-300 parcelas agroforestales en total, en la zona semiárida, la mayoría de ellas financiada parcialmente por alguna organización.

**Otras instituciones.** Varias otras instituciones han realizado algunas acciones de promoción, apoyo a la implementación, investigación, financiamiento de algún componente, etc., de alguna variante agroforestal. Algunos de ellos inclusive con el enfoque dinámico o bien sucesional. Otros, con sistemas agroforestales más simples, con una o dos especies leñosas en las parcelas. Algunos ejemplos que pueden destacarse son el Proyecto SARA, CIPCA, Asociación Agroecología y Fe, CIF, ESFOR-UMSS, entre otros.

Esta red de instituciones, conformada por todas las nombradas en esta sección, son las que han permitido el desarrollo de la innovación social de la agroforestería en Cochabamba. Han suplido los diferentes roles que han sido necesarios. El rol de *desarrollar* la innovación en la zona (Mollesnejta, SARA, entre otras), adaptando el modelo de Los Yungas de La Paz. El rol de *difundir* (ECOSAF y sus miembros, ya sea como red o independientemente), el rol de *transferir la tecnología* (financiadores, AGRECOL Andes, CETM, Granja Modelo Pairumani, Municipios, entre otras), el de *adoptar la tecnología* (agricultores), y el rol de *investigar, evaluar, sistematizar* experiencias (UCBSP, UMSS). Ha simplificado el proceso el hecho de que los diferentes actores hayan formado parte de la red ECOSAF, que ha servido para facilitar el relacionamiento, aunque luego cada institución haya aportado sus capacidades y estructuras propias.

Como tareas pendientes, consideramos que se debe todavía fortalecer esta red de instituciones, a través de:

- desarrollar un espacio para reflexionar sobre los aprendizajes de la práctica agroforestal, con la participación de los diferentes actores (comunidad de aprendizaje),
- lograr una inclusión plena del sector público, para que sea capaz de desarrollar las normativas, programas y proyectos específicos,
- generar una estructura para la retroalimentación a partir de los aprendizajes de los distintos actores; así por ejemplo, incorporar los aprendizajes logrados a través de la investigación, a los procesos de diseño e implementación de nuevos sistemas, e
- incorporar a nuevos actores para ampliar el alcance en los distintos roles que se han mencionado.

## 5. Referencias

GADC, GOBIERNO AUTÓNOMO DEPARTAMENTAL DE COCHABAMBA. 2014. Plan departamental de Cochabamba para vivir bien, 2013-2017. Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba.

IBISCH, P.L., S.G. BECK, B. GERKMANN y A. CARRETERO. 2003. La diversidad biológica. En: IBISCH, P.L. y G. MÉRIDA (Eds.). 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 2018. Cochabamba en cifras. Instituto Nacional de Estadística.

NAVARRO, G. 2015. Marco climático y bioclimático. En: NAVARRO, Gonzalo, Luis AGUIRRE y Mabel MALDONADO (Eds.) 2015. *Biodiversidad, Ecología y Conservación del Valle Central de Cochabamba*. Centro de Biodiversidad y Genética. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba.

MANZANO, N. 2015. Análisis de contexto de la situación productiva y laboral de Cochabamba, Development Research Working Paper Series, No. 05/2015, Institute for Advanced Development Studies (INESAD), La Paz.

PNUD, 2013. Informes sobre Desarrollo Humano. En: <http://undp.org>

PRONALDES, 1996. Mapa preliminar de erosión de suelos: región árida, semiárida y subhúmeda de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente; Centro de Información para el Desarrollo. La Paz.

STADLER-KAULICH, N. 2004. Un ensayo de Agroforestería Sucesional en el Valle de Cochabamba/Bolivia. Revista Zonas Áridas-Universidad Nacional Agraria La Molina, Vol. 8, N° 1.

STADLER-KAULICH, N. / FRANÇOIS, J. / BARREIRO, D. 2014. Sistemas agroforestales en áreas secas en el Departamento de Cochabamba: Características y Descripción. Red ECO-SAF, INIAF, MDRyT, Bolivia.

VALENZUELA, C. 2008. Tierra y Territorio. Centro de Documentación e Información Bolivia, CEDIB.



El acompañamiento técnico es esencial en sistemas agroforestales  
(Arani, Cochabamba)

*Cindy Shiomara Herbas García / Mauricio Azero Alcocer*

## **Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD) de la zona seca de Cochabamba**

### **Carbon fixation in 10 dynamic agroforestry systems (SAFD) from Cochabamba inter-Andean dry valley**

Originally published as:

Azero Alcocer, M. (Ed.). 2018. Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba Diez estudios de caso de las comunidades de Rodeo (Sacaba), La Maica (Tarata), Aramasí (Tapacarí), y Combuayo y Pairumani (Vinto). Universidad Católica Boliviana San Pablo. Editorial Kipus.

#### **1. Introducción**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), es el gas “no contaminante” atmosférico de mayor preocupación por ser el principal aportador al efecto invernadero. La concentración atmosférica de este gas aumentó de 280 ppm (valor preindustrial) a más de 415 ppm al presente. Los árboles, junto con los suelos, cumplen una función clave al brindar servicios ambientales para la vida en la Tierra; ambos reservorios determinan el nivel de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y con ello la estabilización climática. La vegetación incorpora el carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis. De igual manera el suelo participa en el reciclaje y almacén de carbono en la materia orgánica a partir del humus (Ibrahim *et al.* 2007). Sin embargo, este último factor también juega un papel importante en el intercambio de CO<sub>2</sub> entre la biósfera y la atmósfera (Jaramillo, 2004).

En especial los bosques tienen una influencia mucho mayor de fijación que cualquier otro tipo de vegetación en los ecosistemas terrestres. Aproximadamente almacenan 1/3 del total del carbono (FAO, 2015), pero desafortunadamente esta capacidad se estima que puede reducirse de un 20 % a 40 % como consecuencia de la conversión de los bosques y los pastizales nativos en tierras de cultivo y pastoreo.

Tan solo en Bolivia se revela que entre el año 2001 y 2017, se perdió 4,53 Mha de cubierta arbórea, equivalente a 374 Mt de emisiones de CO<sub>2</sub> (GFW, 2018). En este sentido cobra mucha importancia la reposición de áreas forestales boscosas como sumideros de CO<sub>2</sub>. Una alternativa para ello es la agroforestería, que ofrece esta, entre otras, ventaja comparativa con relación a algunos otros sistemas de uso de la tierra (Callo-Concha *et al.* 2001).

Por otro lado, en las zonas secas, la fijación de carbono tiene la connotación fundamental que implica un incremento en la producción de biomasa del ecosistema, lo cual se traduce en beneficios ecológicos y económicos. Significa también una mayor cobertura y protección del suelo ante procesos erosivos, mejores condiciones para la resiliencia ante el cambio climático, una recuperación del nivel de nutrientes en suelos degradados, una mayor oferta forrajera principalmente en condiciones de pequeña agricultura y una diversificación de la producción, creando oportunidades para mejorar la seguridad y soberanía alimentaria.

En este sentido, los sistemas agroforestales, pero especialmente los sistemas agroforestales dinámicos (SAFD, caracterizados por una alta biodiversidad de especies leñosas, por incluir especies productivas y acompañantes, por un manejo enérgico de la poda y por el uso de distintos estratos de vegetación), se constituyen realmente en una alternativa productiva con potenciales beneficios múltiples.

En Bolivia, a diferencia de la gran llanura amazónica tropical, donde pueden encontrarse decenas de tipos de bosques y formas de aprovechamientos nativos, incluidos los SAFD, la extensión de estos sistemas en las zonas secas es muy inferior a su distribución natural en las zonas húmedas. Además de esto, los SAFD no han sido investigados a profundidad aún en las zonas secas, con lo que no se dispone de información técnica-científica suficiente que ayude en la toma de decisiones al momento de promover la implementación de SAFD en zonas secas como medidas de mitigación frente al cambio climático (Azero, 2015). Ante tal situación, con el presente trabajo

se pretende aportar con el conocimiento de la medida del almacenamiento de carbono para con ello promover la mitigación de GEI y respaldar el papel de estos agroecosistemas como proveedores de servicios ambientales (Casanova-Lugo *et al.* 2010).

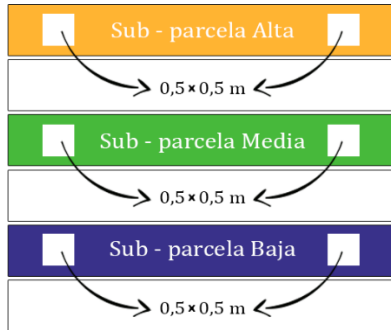
## 2. Metodología

El presente estudio se efectuó en 10 parcelas SAFD situadas en los valles secos interandinos de Cochabamba, que se encuentran ubicados entre 2000 y 3500 m.s.n.m. Su clima es de estepa, con una precipitación de 400 a 600 mm y una temperatura promedio de 16-19°C (Gruberg-Cazon, 2014). De las 10 parcelas, 7 pertenecían a familias productoras en pequeñas propiedades distribuidas dentro de los municipios de Tarata, Sacaba, y Tapacarí, 2 pertenecían al Centro de Investigación en Agroforestería Andina Mollesneja, y 1 parcela pertenecía a la Granja Modelo Pairumani (GMP). Estas últimas 3 se encuentran en el municipio de Vinto provincia Quillacollo. En el capítulo *Descripción de la zona de estudio* se presenta una descripción física y socioeconómica más completa de la zona.

### 2.1 Muestreo

Cada parcela se estratificó en 3 sub-parcelas (en algunos casos hasta 4 considerando el tamaño de la parcela y la diversidad de especies) tomando en cuenta 3 diferentes situaciones topográficas (Murguía-Guzmán, 2016), y un transecto variable en largo y ancho.

La caracterización de los sitios de muestreo se ejemplifica en la figura 1. La sub parcela está representada por el rectángulo mayor (de dimensiones 25 x 4 m) que aplica al muestreo de especies arbóreas de tallos leñosos y especies arbustivas. Dentro de cada sub-parcela se seleccionaron al azar 2 cuadrados pequeños (de 0,5 x 0,5 m) donde se cuantificaron las plantas herbáceas y la hojarasca (Callo-Concha *et al.* 2001).



**Figura 1. Estratificación de las parcelas**

En cada lugar de estudio, se tomaron los datos generales siguientes: Municipio, comunidad, propietario, área, tipo de plantación, especies, distanciamiento entre especies, altitud media, edad y coordenadas UTM. También se recopiló información del bioclima y las series de vegetación potencial; los cuales fueron útiles para construir el concepto de piso ecológico para cada región en estudio (Navarro *et al.* 2015).

Luego se hicieron las siguientes mediciones dasométricas dentro de cada sub parcela instalada: diámetro a la altura de pecho (cm), diámetro basal (cm) (medido al ras del piso o de lo contrario a una altura de 10 cm, de acuerdo a las circunstancias), la altura total de los árboles y arbustos, y por último se efectuó la medición del área de cada sub-parcela.

Se eligieron al azar dos cuadrantes de  $0,5 \times 0,5$  m, en cada una de las sub-parcelas y se cortó la biomasa epigea del estrato herbazal. Así también se recolectó la biomasa de la hojarasca que comprendió todos los residuos orgánicos (hojas, ramas, frutos y semillas) que se hallaban sobre la superficie del suelo. Posteriormente, se trasladó este material hasta el laboratorio en bolsas de plástico cerradas herméticamente, previamente etiquetadas.

## 2.2 Estimación de la biomasa y fijación de carbono

Al medir los diámetros con una cinta métrica convencional fue necesario convertir el valor de las circunferencias al diámetro (Rügnitz-Tito *et al.* 2009), con la siguiente ecuación:

$$D = \frac{C}{\pi}, \quad \text{Ecuación 1}$$

donde:

$D$  = Diámetro (cm),

$c$  = circunferencia (cm), y

$\pi = 3,1415$ .

A partir de los datos dasométricos tomados en las sub parcelas, se estimó la biomasa arbórea y arbustiva empleando 2 ecuaciones alométricas, las mismas que fueron seleccionadas considerando características similares a las zonas secas de Cochabamba. Para las especies arbóreas se utilizó la ecuación 2, aclarando que el diámetro a la altura de pecho debía ser igual o mayor a 5 cm (Chave *et al.* 2005):

$$BAG = 0,112 \times (\rho * D^2 * H)^{0,916}, \quad \text{Ecuación 2}$$

donde:

$BAG$  = Biomasa aérea gruesa (g)

$\rho$  = Densidad de especie (g/cm)

$D$  = Diámetro a la altura del pecho (cm), y

$H$  = Altura (m).

La densidad de la madera se obtuvo en función a cada individuo, árbol, liana o hemi-epífita, es decir, utilizando la densidad de la especie a la que corresponde cada individuo. En los casos de ausencia de datos de densidad de especies, se utilizó el promedio de densidad por género o por familia.

Para el cálculo de la biomasa de las especies arbustivas y especies arbóreas con diámetro a la altura de pecho menor a 5 cm se utilizó la ecuación 3 (Yerena-Yamallel *et al.* 2015).

$${}_B T = (0,026884 + 0,001191 D^2 H + 0,044529 D - 0,01516 H) + z, \quad \text{Ecuación 3}$$

donde:

$BT =$  Biomasa total aérea (kg),

$D =$  Diámetro basal (a ras del piso) o a una altura de 10 (cm), y

$H =$  Altura total (m).

Cálculo de la biomasa arbórea y arbustiva por hectárea (Rügnitz-Tito et al. 2009):

$$B_A = \left( \frac{\sum AU}{1000} \right) \times \left( \frac{10000}{\text{Área de la subparcela}} \right), \quad \text{Ecuación 4}$$

donde:

$B_A =$  Biomasa arbórea y arbustiva sobre el suelo (t MS/ha)

$\sum AU =$  Sumatoria de la biomasa arbórea de los árboles y arbustos de la subparcela (kg M.S./área de la subparcela)

Factor 1000 = Conversión de las unidades de la muestra de kg MS/tMS

Factor 10000 = Conversión del área (m<sup>2</sup>) a ha.

En laboratorio durante el análisis de las muestras de herbazal y hojarasca, se obtuvo el peso total húmedo de cada cuadrante de 0,25 m<sup>2</sup>. A partir de una sub-muestra de 50 g previamente pesada y secada en el horno a 70 C, se determinó el peso seco de cada material colectado (Espinoza et al. 2012).

Para el cálculo de la biomasa en estos depósitos (herbazal y de hojarasca), se calculó el contenido de humedad de la siguiente manera:

$$CH = \frac{(Phs - Pss)}{Pss} \times 100, \quad \text{Ecuación 5}$$

donde:

$CH =$  Contenido de humedad (%),

$Phs =$  Peso húmedo submuestra (g),

$Pss =$  Peso seco submuestra (g).

## Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD)

Con el contenido de humedad se calculó la proporción del peso húmedo que corresponde a biomasa:

$$B = \frac{PhBt}{1 + \left(\frac{CH}{100}\right)}, \quad \text{Ecuación 6}$$

donde:

$B$  = Biomasa seca (g)

$PhBt$  = Peso húmedo total de biomasa (g)

$CH$  = Contenido de humedad (%)

La biomasa del herbazal y hojarasca fue calculada a partir del tamaño del marco (0,25 m<sup>2</sup>), y expresada en t con la ecuación 7 (Rügnitz-Tito *et al.* 2009).

$$\Delta C_{BN} (t/ha) = \left(\frac{10000 m^2}{0,25 m^2}\right) \times \left(\left(\frac{\sum \Delta C}{\text{Número de muestras}}\right) 1000\right) \quad \text{Ecuación 7}$$

donde:

$\Delta C_{BN}$  = Cantidad de biomasa en la vegetación herbazal y hojarasca (t/ha) ,

$\sum \Delta C_{BN}$  Muestras = Sumatoria de la cantidad de biomasa de todas las muestras (kg /0,25m<sup>2</sup>),

Factor 1000 = Conversión de las unidades de las muestras de kg MS a tMS,

Factor 10000 = Conversión del área a ha..

Para la estimación indirecta por depósito del contenido de carbono en la biomasa arbórea, arbustiva, herbazal y hojarasca del sistema agroforestal se tiene estimado que aproximadamente el 45,4% de la biomasa vegetal corresponde al carbono, por lo cual para estimar el carbono almacenado total se multiplicó la biomasa total de cada parcela por el factor 0,45 (Yerena-Yamallel *et al.* 2015).

$$CC = CB(\text{gdeC}) \times 0,45, \quad \text{Ecuación 8}$$

donde:

$CC$  = Contenido de Carbono almacenado por parcela (g de C),

$CB$  = Carbono biomasa.

Cabe mencionar que el presente estudio se limitó a estimar solamente el carbono almacenado en la biomasa sobre el suelo, resultante de la sumatoria (Callo-Concha *et al.* 2001) definida por:

$$CB = CAb + CAvHB + CH, \quad \text{Ecuación 9}$$

donde:

$CB$  = Carbono de la biomasa

$CAb$  = Carbono arbóreo

$CAvHB$  = Carbono arbustivo y herbáceo

$CH$  = Carbono cuantificable, hojarasca

Por otro lado, Alvarez y Alcocer (2018) ese mismo año hicieron una evaluación comparativa de los suelos en los mismos sistemas agroforestales dinámicos bajo estudio en relación a sistemas convencionales vecinos. Esta evaluación pudo complementar la dinámica de los flujos netos de carbono entre los SAFD y la atmósfera en los diferentes tipos de reservorios (arbórea, arbustiva, herbazal, hojarasca y suelos).

El potencial de captura de carbono, expresado en términos de dióxido de carbono equivalente, se estimó mediante la relación del contenido de carbono almacenado por área del sistema (IPCC, 2006).

$$CO_2 = CC(\text{gdeC}) \times \left( \frac{44(\text{gdeC } O_2)}{12(\text{gdeC})} \right), \quad \text{Ecuación 10}$$

donde:

$CO_{2\text{fijado}}$  = g de dióxido de carbono,

$CC$  = Contenido de Carbono almacenado por parcela (g de C),

$44/12$  = Relación de moles

## 2.3 Análisis estadístico

A partir de un análisis de varianza de un factor y un análisis regresión mediante el programa SAS, se evaluó el efecto individual y en conjunto de dos factores (variables independientes, categóricas de forma cuantitativa y cualitativa) sobre la variable dependiente cuantitativa.

Este análisis tiene 3 factores independientes; un factor cualitativo (manejo), y dos factores cuantitativos (diversidad y edad) sobre la variable dependiente de fijación de carbono en la biomasa aérea (en distintos estratos) dentro de 10 SAFD (Tabla 1).

**Tabla 1: Identificación de factores dependientes e independientes**

Factor dependiente		Factores independientes
Fijación de carbono		
Localidad	Estratos	
La Maica	Arbóreo	Densidad de individuos por área Manejo de la parcela Edad
Rodeo	Arbustivo	
Pairumani	Herbazal	
Vinto	Hojarasca	
Aramasí		

Para caracterizar el tipo de manejo (poda) dentro de la parcela es necesario considerar algunas características, señaladas en la Tabla 2.

**Tabla 2: Tipo de manejo aplicado en la parcela SAFD**

Tipo de manejo	Características
Alto	Es una poda intensa en el invierno, le da seguimiento durante el resto del año y/o raleo de especies en la parcela
Medio	La poda se realiza solamente en el invierno, una vez al año
Bajo	La poda es esporádicamente, con una periodicidad inferior a un año y/o incluyendo solamente a algunas especies

Tales análisis condujeron a reemplazar empleando el modelo de:

$$Y = \mu + \tau_A + \beta_B + \varphi_{A \times B}, \quad \text{Ecuación 11}$$

donde:

$Y$  = Valor de la variable de respuesta ( $g$  de  $C$ ),

$\mu$  = Media general,

$\tau_A$  = Efecto fijo del factor  $A$  (Diversidad de especies),

$\beta_B$  = Efecto fijo del factor  $B$  (Edad),

$\varphi_{A \times B}$  = Efecto fijo de la interacción del factor  $A$  con el  $B$ .

### 3. Resultados y discusión

En la tabla 3, se muestra una breve descripción de cada parcela SAFD, aclarando que la clasificación del SAFD que corresponde a un cultivo en callejones se refiere a una plantación de líneas de árboles con el establecimiento de cultivos anuales entre las líneas de los árboles. El huerto familiar es un sistema de uso de la tierra que tiene límites definidos y una vivienda, incluye una mezcla de plantas anuales y perennes así como animales y ejerce una función biofísica, económica y sociocultural para el propietario. Los cultivos de la cubierta arbórea, son árboles que también ejercen una función de cobertura sobre los cultivos. Y por último los árboles asociados a estructuras de conservación de suelos, son muros de piedra en sentido transversal a la pendiente del terreno complementada con una barrera viva constituida por árboles o arbustos, los mismos que se establecen debajo del muro.

Una característica particular de las 10 parcelas SAFD es la presencia de una capa gruesa de rastrojos (mulch) alrededor del pie de todos los árboles frutales, de aproximadamente 10 cm de espesor, producto del material de poda de otras especies y/o del pasto nativo.

## Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD)

**Tabla 3: Descripción de las parcelas SAFD**

Cód. Identificación de Parcela	Nombre del Productor	Posición de Ladera	Riego	Clasificación del SAFD	Principal cultivo	Edad de la Parcela	Tamaño de la Parcela
TAR <sub>5a</sub>	Alfredo Escalera	Noroeste a Sudeste	Atajado/ manguera	Cultivo en Callejones	Diverso	5 años	850 m <sup>2</sup>
TAR <sub>5b</sub>	Indalecio Vallejos	De Sudeste a Noroeste		Cultivo en Callejones	Diverso	5 años	706 m <sup>2</sup>
SA <sub>3a</sub>	Maura Sánchez	De Noreste a Sudoeste	Manguera	Huerto Familiar	Manzano	3 años	576 m <sup>2</sup>
SA <sub>3b</sub>	Delicia Rojas	De Noreste a Sudoeste		Cultivo en Callejones	Manzano	3 años	494 m <sup>2</sup>
PA <sub>3</sub>	José Sánchez	De Norte a Sud	Por aspersión	Cultivo en Callejones	Manzano	3 años	582 m <sup>2</sup>
VIN <sub>17</sub>	Noemi Stadler-Kaulich	De Noroeste a Sudeste	Producción a seco	Cultivo bajo cubierta arbórea	Aceituna	17 años	541 m <sup>2</sup>
VIN <sub>14</sub>	Noemi Stadler-Kaulich	De Noroeste a Sudeste		Cultivo bajo cubierta arbórea	Manzano	12 y 14 años	556 m <sup>2</sup>
TAP <sub>8</sub>	Andrés Herrera	De Este a Oeste	Sistema de riego completo	Terrazas con árboles	Manzano	3, 5 y 8 años	650 m <sup>2</sup>
TAP <sub>4</sub>	Isidro García	De Este a Oeste		Cultivos en Callejones	Manzano	4 años	800 m <sup>2</sup>
TAP <sub>3</sub>	Orlando Bascopé	De Este a Oeste		Terrazas con árboles	Manzano	3 años	500 m <sup>2</sup>

La caracterización de las parcelas, el inventario forestal y arbustivo constituyó el punto de partida del estado actual de los SAFD, bajo lo cual se sustentan las bases del análisis y la planificación del estudio. La tabla 4 describe el número de especies e individuos tanto arbóreos como arbustivos, y la predominancia de algunas especies acompañantes de los principales árboles frutales en cada parcela.

**Tabla 4: Diversidad y número de especies según inventario forestal y arbustivo en las parcelas SAFD**

Parcela	Número de especies	Número de individuos	Predominancia			
			Acompañantes	Número	Frutales	Número
VIN 14	17	195	Chacatea, <i>Dodonea viscosa</i> Tuna, <i>Opuntia ficus-indica</i>	101 19	Manzano ( <i>Malus domestica</i> )	13
TAP 8	24	326	Chacatea, <i>Dodonea viscosa</i> Thola, <i>Baccaris sp</i>	86 52	Manzano ( <i>Malus domestica</i> )	82
TAR 5a	28	392	Retama, <i>Spartium junceum</i> Cedrón, <i>Aloysia citrodora</i>	140 50	Duraznero ( <i>Prunus persica</i> )	17
TAR 5b	15	285	Retama, <i>Spartium junceum</i> Acacia, <i>Acacia retinodes</i> , <i>A. melanoxylon</i>	46 21	Duraznero ( <i>Prunus persica</i> )	20
TAP 4	24	553	Aliso, <i>Alnus acuminata</i> Chacatea, <i>Dodonea viscosa</i>	79 75	Manzano ( <i>Malus domestica</i> )	164

## Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD)

SA 3a	17	105	Acacia, <i>Acacia retinodes</i> , <i>A. melanoxylon</i> Ligustro, <i>Ligustrum</i> <i>lucidum</i>	13 8	Manzano ( <i>Malus</i> <i>domestica</i> )	52
SA 3b	20	146	Acacia, <i>Acacia retinodes</i> , <i>A. melanoxylon</i> Retama, <i>Spartium</i> <i>junceum</i>	19 14	Manzano ( <i>Malus</i> <i>domestica</i> )	54
PA 3	17	195	Acacia, <i>Parkinsonia</i> <i>aculeata</i> Ceticio, <i>Cytisus racemosa</i>	11 7	Manzano ( <i>Malus</i> <i>domestica</i> )	18
TAP 3	24	326	Chacatea, <i>Dodonea viscosa</i> Molle, <i>Schinus molle</i>	44 21	Manzano ( <i>Malus</i> <i>domestica</i> )	98

### Análisis de la acumulación de carbono por hectárea por parcela

En la tabla 5 se presentan los resultados finales de la densidad de individuos en función del área de cada parcela y la fijación de carbono y de dióxido de carbono equivalente, a partir de la estimación de la biomasa determinada en los 10 SAFD, más adelante se describe con más detalle las prácticas de manejo agroforestal en cada parcela.

Tabla 5: Estimación de la biomasa, fijación de Carbono y dióxido de carbono equivalente (CO <sub>2</sub> ) en la biomasa aérea							
Parcela	Municipio / Comunidad	Área	Densidad de árboles y arbustos	Edad	Biomasa aérea	Carbono	CO <sub>2</sub> (eq)
VIN <sub>17</sub>	Vinto (Mollesnjeta)	m <sup>2</sup> 174,1	Arbarb / m <sup>2</sup> 0,18	año 17	Mg / ha 65,9	MgC / ha 29,7	Mg CO <sub>2</sub> / ha 108,78
VIN <sub>14</sub>	Vinto (Mollesnjeta)	191,6	0,17	14	49,1	22,1	81,02
TAP <sub>8</sub>	Tapacari (Aramasi)	304,0	0,25	8	33,5	15,1	46,61
TAR <sub>5a</sub>	Tarata (La Mayca)	441,8	0,21	5	31,5	14,1	51,57
TAR <sub>5b</sub>	Tarata (La Mayca)	224,9	0,12	5	54,8	24,6	90,34
TAP <sub>4</sub>	Tapacari (Aramasi)	228,1	0,88	4	65,9	29,6	108,65
SAC <sub>3a</sub>	Sacaba (Rodeo)	243,4	0,27	3	25,2	17,4	63,76
SAC <sub>3b</sub>	Sacaba (Rodeo)	134,2	0,39	3	38,6	11,3	41,57
PAI <sub>3</sub>	Vinto(Pairumani)	301,8	0,14	3	13,1	5,9	21,59
TAP <sub>3</sub>	Tapacari (Aramasi)	167,7	0,70	3	61,4	27,6	101,28

## Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD)

Por otro lado, también se identificó a las especies que más aportaban en las distintas etapas de los SAF. Para esto se dividió a los SAF estudiados, en tres grupos: 3-4 años; 5-8 años y 14-17 años. En el primer grupo, *Acacia*, tagasaste, ceticio, y olmo fueron las especies más productivas. En el segundo, tagasaste, *Acacia*, aliso y ceticio. Y en el tercero, jacarandá y *Acacia*.

### Parcela VIN<sub>17</sub>

Esta parcela carece de riego. Tiene una edad de 17 años (aunque en 2017 sufrió un incendio con una alta pérdida de individuos y especies). En consecuencia, el presente estudio de biomasa incluyó sólo a las especies que sobrevivieron al incendio, las cuales fueron en una gran mayoría arbóreas.

Cada año se controla si los frutales tienen suficiente espacio para su desarrollo; caso contrario se efectúa la poda necesaria. Por otro lado, para proporcionar el suficiente espacio, fueron extraídos ejemplares de *acacia*, retama y jacarandá en los años 2012 y 2017 como forma de “clareo” en la parcela. La parcela VIN<sub>17</sub> es un bosque joven. Logró un dinamismo que imita a la naturaleza en su búsqueda de recuperar su estado anterior. Sin embargo, un sistema agroforestal dinámico productivo no debe llegar al estado clímax, con lo que se busca, a través del manejo, rejuvenecer la parcela a partir de la poda periódica.

En la parcela de VIN<sub>17</sub> la mayor biomasa la almacenan 24 individuos de la especie jacarandá con un total de 32,47 Mg ha<sup>-1</sup>, lo cual significa un promedio por árbol de 1,353 Mg ha<sup>-1</sup>. La segunda especie en importancia fue el olivo que almacena un total de 16,183 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa. La tercera especie de gran cantidad de almacenaje promedio por individuo es la Tipa con 11,052 Mg ha<sup>-1</sup>.

### Parcela TAP<sub>4</sub>

El diseño de esta parcela tiene como característica las barreras vivas con pasto *falaris* (*Phalaris tubero-arundinacea*) en terrazas. Entre los árboles frutales se colocó uno a dos acompañantes y también se utilizó pasto *falaris* entre los mismos para que se proteja y se conserve el suelo teniendo como antecedente el deterioro y la baja calidad productiva del suelo. Este pasto dio buenos resultados también para mejorar el suelo que tenía un carácter arcilloso.

La parcela TAP<sub>4</sub> almacenó un total de 63,30 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa con mayor abundancia de biomasa en la especie de aliso con 19,42 Mg ha<sup>-1</sup> ha en 41

individuos. Le sigue el manzano con  $14,04 \text{ Mg ha}^{-1}$  con la presencia de 67 individuos distribuidos entre hileras, seguido de tagasaste, tecoma y cedro colorado. Es preciso mencionar que en esta parcela se tiene en particular la presencia de cedro colorado por su potencial maderable (por lo que se lo poda muy poco). Tanto el aliso como la oreja de mono son los que aportan más biomasa en promedio por individuo. Las especies leñosas de menor aporte son la chacatea y la retama.

### **Parcela TAP<sub>3</sub>**

La parcela TAP3 es el resultado de prácticas anteriores y se instaló considerando las lecciones aprendidas, con ello, incluyó hasta 3 acompañantes en medio de los frutales. El diseño de la parcela consta de terrazas con muros de piedra. En las calles tenía policultivos: hortalizas como brócoli, rábano, lechuga, cebolla. El año 2017 solo se podaron algunas especies acompañantes.

La especie que más aporta al total es el manzano con una acumulación de  $20,28 \text{ Mg ha}^{-1}$ , a la que le siguen las especies de tagasaste, acacia y chacatea. Sin embargo es preciso mencionar que de igual manera que la parcela TAP4 es el aliso quien aporta más biomasa por individuo en la parcela. Las que tienen menor aporte de biomasa son andres wuaylla (*Cestrum parqui*) y toborochi (*Ceiba speciosa*). El primero es de estrato arbustivo y el segundo es una especie de clima seco, pero por la altura a la que se encuentra la parcela recién se está desarrollando, considerando además que es una especie de desarrollo lento.

### **Parcela TAR<sub>5a</sub>**

El éxito de la parcela TAR5a se debe principalmente al manejo y el riego (por almacenamiento en atajado). Se tiene una gran diversidad de especies, en especial de frutales, y cultivos de papa, maíz, trigo, alfalfa y cebolla en los callejones. El manejo y mantenimiento de la parcela, a través de la poda, deshierbe, limpieza de chupones en los árboles frutales, poda de formación y rebaje de los árboles acompañantes se realiza al menos una vez al año en invierno, desde su implementación.

La especie que aporta mayor biomasa es la retama con  $16,19 \text{ Mg ha}^{-1}$  en 29 individuos, seguida de la acacia con  $14,03 \text{ Mg ha}^{-1}$ ; esta última también tiene un gran aporte de biomasa por individuo con  $1,08 \text{ Mg ha}^{-1}$  y a este le sigue el ceticio con  $0,962 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

#### **Parcela VIN<sub>14</sub>**

La parcela VIN14 fue instalada el año 2004, con la lógica de un cultivo de manzana, bajo una cubierta arbórea compuesta por pinos y otros maderables. Entre las especies nativas se puede observar chacatea, thola y jacarandá. Por la poca disponibilidad de agua para el riego, en las primeras tres temporadas secas los frutales fueron regados manualmente, de manera periódica; desde entonces los cultivos frutales no reciben riego.

El valor alcanzado de biomasa (con un número reducido de especies) se debe principalmente a la presencia de especies exóticas como pino (20,48 Mg ha<sup>-1</sup>), fresno (9,12 Mg ha<sup>-1</sup>) y la especie nativa jacarandá (9,54 Mg ha<sup>-1</sup>). Estas especies son de igual manera las que acumulan mayor biomasa por individuo.

#### **ParcelaTAP<sub>8</sub>**

Se implementó hace 8 años bajo un diseño de barreras vivas con pasto falaris en terrazas sobre las curvas de nivel. Durante su inicio el agricultor aún no estaba convencido de la presencia de árboles que acompañen a los árboles frutales, y de manera personal extraía las especies no frutales, por lo cual su presencia no es tan abundante como en otras parcelas.

Asimismo se pudo observar en la parcela la dinámica de regeneración y la emergencia múltiple de chacatea y thola. Esto se relaciona a las actividades que realizaba el agricultor al momento de recoger material (hojarasca) de los bosques cercanos, como: residuos de chacateas y tholas, y trajo consigo semillas que de forma natural se prendieron y esparcieron en la parcela, lo cual explica su distribución abundante.

La parcela TAP8 tiene una acumulación de 26,58 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa, y las especies que dan mayor aporte a este valor son el manzano, el ceibo y la chacatea. Este valor puede estar relacionado por la poca presencia y menor desarrollo de acompañantes arbóreos.

#### **Parcela TAR<sub>5b</sub>**

A pesar de que tanto la parcela TAR5a como la parcela TAR5b fueron instaladas en similares condiciones y casi al mismo tiempo, la parcela TAR5b tiene menor acumulación de biomasa. La pérdida de individuos y la falta de reposición de plantines sería la explicación para la disminución de individuos en la parcela. Sin embargo, los problemas más sentidos en la parcela son la falta de riego (por el uso del agua para desarrollar otras actividades

económicas) y la dejadez en lo que respecta al manejo (poda), dejando descubierto el pie de algunos frutales por falta de manejo del rastrojo.

La parcela TAR5b almacenó un total de 28,51 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa, y las especies que aportaron más son las acacias (7,50 Mg ha<sup>-1</sup>) y el tagasaste (9,11 Mg ha<sup>-1</sup>). Ambas especies también tienen una acumulación de biomasa promedio por individuo bastante significativa.

### **Parcela SA<sub>3b</sub>**

La implementación de las parcelas SA<sub>3b</sub> y SA<sub>3a</sub> se realizaron a finales del año 2015. Aprovechando el espacio entre las filas de árboles, la parcela SA<sub>3b</sub> produce una variedad de cultivos tradicionales (papa, maíz, haba), hortalizas (cebolla, rábano, brócoli, zanahoria) y flores (principalmente claveles). Durante los meses de junio y julio, en la época de invierno, se podan algunos árboles acompañantes para generar material de cobertura y para que las copas de los árboles no den mucha sombra a los árboles frutales. En la época de lluvia, se realiza el deshierbe selectivo dejando los residuos como cobertura del suelo.

La parcela SA<sub>3b</sub> acumuló un total de 36,60 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa, con mayor almacenaje en los manzanos (11,32 Mg ha<sup>-1</sup>), retama (5,38 Mg ha<sup>-1</sup>) y olmo (4,88 Mg ha<sup>-1</sup>). Las especies que tienen mayor acumulación de biomasa por individuo son olmo, retama, acacia y tecomá, en ese orden.

### **Parcela SA<sub>3a</sub>**

La parcela SA<sub>3a</sub> es un huerto de frutales (en su mayoría árboles de manzano) situado delante de la casa de la agricultora, con disponibilidad de agua para el riego. La práctica de manejo (poda) que se realiza en la parcela de SA<sub>3a</sub> es considerada como alta. En este sentido se realizan podas anuales (varias veces) de las especies acompañantes, principalmente acacias.

La actividad de la poda permanente repercute directamente en la capacidad de fijación de carbono que ocurre mayormente en los suelos, en comparación a la biomasa aérea.

Los manzanos fueron quienes aportaron mayor acumulación de biomasa, con 8,12 Mg ha<sup>-1</sup>, seguidos de las acacias con 5,62 Mg ha<sup>-1</sup>. Las especies que tienen un aporte promedio mayor por individuo son ceticio (0,77 Mg ha<sup>-1</sup>) y olmo (0,54 Mg ha<sup>-1</sup>).

### **Parcela PA<sub>3</sub>**

## Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD)

La parcela PA3 no cuenta con un componente nativo como acompañante al cultivo de manzanas, y también es la parcela con una menor biodiversidad. Durante el censo de especies se pudo constatar que había varios espacios vacíos procedentes de plantas muertas, por lo tanto no hubo una reposición de individuos. Es de esta manera que existe una menor densidad y número de individuos en la parcela.

La parcela PA3 tiene acumulado un total de 11,01 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa. Quienes aportaron más a este valor fueron las acacias (3,13 Mg ha<sup>-1</sup>), manzanos (2,65 Mg ha<sup>-1</sup>) y cedrón (1,56 Mg ha<sup>-1</sup>). Asimismo son el cedrón (0,78 Mg ha<sup>-1</sup>), ceticio (0,50 Mg ha<sup>-1</sup>) y el tagasaste (0,48 Mg ha<sup>-1</sup>) las especies con mayor biomasa promedio por individuo.

### **Análisis del aporte a la fijación de carbono por parte de especies nativas y exóticas**

En cada parcela existe un porcentaje de especies tanto nativas como exóticas y con ello cierta fijación de carbono por parte de estas. A continuación se describe el porcentaje de especies exóticas y nativas dentro de cada parcela y lo que respecta el aporte de fijación de carbono, a partir de la tabla 6.

La proporción de especies nativas en las distintas parcelas fue muy variable, desde 0% hasta 93%, en términos de individuos. En términos de aporte a la biomasa total de la parcela, las nativas aportaron entre 0% y 97%. Existió una alta correlación entre el porcentaje de especies nativas en la parcela y el porcentaje de aporte a la biomasa por parte de las especies nativas (0,9259), mostrando que a medida que se incrementaba su porcentaje en número, también se incrementaba su aporte a la biomasa; sin embargo, el aporte de las especies nativas a la biomasa estuvo un poco por debajo de su aporte numérico: en promedio, 44,7% de nativas aportó 36,10% a la biomasa. Lo que muestra que las especies exóticas aportaron, en promedio, un poco más a la biomasa de la parcela, que lo que se esperaría en función a su presencia. Esto no debe sin embargo llevar a conclusiones sobre la eficiencia en la productividad primaria de las especies nativas, dado que las especies nativas por lo general son podadas con mayor severidad dado que una de sus principales funciones es proveer biomasa para la mejora del suelo.

<b>Tabla 6: Proporción en porcentaje y de aporte a la fijación de carbono en la biomasa aérea de especies de especies nativas y exóticas</b>					
<b>Parcela</b>	<b>Carbono</b>	<b>Especies nativas</b>		<b>Especies exóticas</b>	
	<i>MgC / ha</i>	<i>%</i>	<i>Aporte</i>	<i>%</i>	<i>Aporte</i>
TAR <sub>5a</sub>	24,6	21	6	79	94
TAR <sub>5b</sub>	14,1	31	5	69	95
SA <sub>3a</sub>	11,3	6	2	94	98
SA <sub>3b</sub>	17,4	17	17	83	83
PA <sub>3</sub>	5,9	0	0	100	100
VIN <sub>17</sub>	29,7	89	97	11	3
VIN <sub>14</sub>	22,1	64	27	36	73
TAP <sub>8</sub>	15,1	93	97	7	3
TAP <sub>4</sub>	29,6	64	64	36	36
TAP <sub>3</sub>	27,6	62	46	38	54

### Tarata

En las parcelas de Tarata, el 79% de TAR<sub>5a</sub> son especies exóticas. Estas especies aportan el 94% de la fijación de Carbono de la parcela; entre ellas sobresalen la retama, *Acacia retinoides*, tagasaste y ceticio. Es el mismo caso para la parcela de TAR<sub>5b</sub>, aunque con el 69% de especies exóticas, logra aportar con el 95% del Carbono fijado, sobresaliendo las especies de *Acacia dealbata*, *Acacia retinoides* y tagasaste.

### Sacaba

Ambas parcelas en Sacaba tienen uno de los porcentajes más elevados de especies exóticas. SA<sub>3a</sub> alcanza un 94% de especies exóticas, que aportan el 98% del Carbono secuestrado; siendo las más importantes las especies *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata*, olmo y ceticio. Ocurre algo similar con la parcela SA<sub>3b</sub> donde la densidad de especies exóticas dentro de la parcela es del 83%, siendo el mismo porcentaje que suma al aporte de fijación de carbono con similares especies como retama, *Acacia dealbata*, olmo y ceticio.

### Vinto

En la parcela de VIN<sub>17</sub> existe predominancia de especies nativas (89%). En este caso, el aporte a la fijación de carbono por parte de especies nativas constituyen el 97% del total, entre los que se pueden mencionar al jacarandá y tipa como las principales. En la parcela VIN<sub>14</sub>, como en el caso anterior, predominan las especies nativas (64%), mayormente jacarandá y chacatea,

sin embargo, estas especies aportan solamente el 27% del Carbono secuestrado, siendo que el otro 73% es fijado por especies exóticas como el pino y fresno seguidos luego por el jacarandá como especie nativa. En la parcela de Pairumani existe un dominio total de las especies exóticas, que aportan un 100% a la fijación de carbono, teniendo como especies principales a tagasaste y *Parkinsonia aculeata*.

### **Tapacarí**

La parcela más antigua de Tapacarí de 8 años de edad, tiene 93% de especies nativas. Estas especies son las que más aportan a la fijación de carbono con el 97% al total, caracterizándose las especies de ceibo, chacatea, molle, thola y tecomá. La parcela TAP<sub>4</sub> tiene el 64% de especies nativas, es el mismo valor que aporta para la fijación de carbono con las especies de aliso, chacatea, oreja de mono; a estas se añaden las especies de tagasaste y pino como especies exóticas que más aporte tienen a la fijación de carbono. Si bien la parcela TAP<sub>3</sub> tiene el 62% de especies nativas, aportan en 46% a la fijación de carbono de la parcela. Las especies que más aportan son *Acacia melanoxylon*, tagasaste y cedro colorado, y dentro las especies nativas que más aportan se encuentran chacatea, aliso y molle.

### **Análisis comparativo entre parcelas**

Se agruparon los valores de C acumulado, según la intensidad de manejo de la poda en las parcelas, dado que se la identificó como una de las variables clave para explicar la mayor o menor acumulación de C. Así (ver Tabla 7) que las que corresponden a un manejo alto tienen mayor fijación de carbono, le continúan las parcelas de manejo bajo cuyo valor de carbono fijo corresponde a 18,9 Mg ha<sup>-1</sup>, por último las parcelas que tienen un manejo medio el valor de carbono disminuye a 14,4 Mg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, en el análisis de varianza, no se observó con los datos de la investigación, una relación significativa ( $p=0,6054$ ) entre el C almacenado y el factor manejo.

Parcela SAFD	Carbono MgC ha <sup>-1</sup>	Edad (años)	Densidad (Individuos/ m <sup>2</sup> )	Manejo (Poda)
TAR5a	24,6	5	0,21	Medio
TAR5b	14,1	5	0,12	Bajo
SA3a	11,3	3	0,27	Alto
SA3b	17,4	3	0,39	Bajo
PA3	5,9	3	0,14	Medio
VIN17	29,7	17	0,18	Alto
VIN14	22,1	14	0,17	Alto
TAP8	12,7	8	0,25	Medio
TAP4	29,6	4	0,88	Medio
TAP3	27,6	3	0,72	Bajo

Así también, se analizó bajo un análisis de regresión las variables de edad y densidad de árboles, que individualmente no tenían tanto efecto, aunque sí interactuando ambos factores. El modelo regresional obtenido (Tabla 8) por ambas variables se considera como significativo ( $p=0,0133$ ).

Ambos efectos, la edad y densidad, tienen mayor incidencia sobre la fijación de carbono ( $p=0,016$  y  $p=0,008$ , respectivamente), en comparación con el factor de manejo.

El análisis de regresión múltiple, el cual determina el aporte de cada factor al modelo, identifica a la densidad de individuos por área, como el factor que genera mayor incremento en el almacenamiento de carbono (Tabla 8). Por cada incremento de la edad de las parcelas, el incremento de carbono suma  $1,15 \text{ Mg ha}^{-1}$  en cambio por cada incremento de la densidad de árboles por área el incremento de carbono es de  $26,11 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

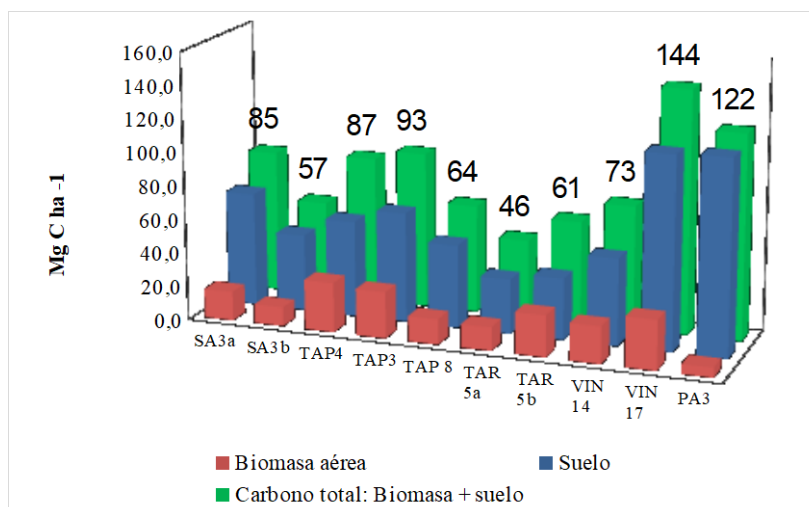
**Tabla 8: Modelo estadístico para la fijación de C en la biomasa aérea**

Modelo estadístico	Factor
<b>Carbono = <math>3,0302 + 1,15 \text{ Edad} + 26,11 \text{ Densidad}</math></b>	Densidad de especies

### Análisis de la fijación de carbono de la biomasa aérea y del suelo

Para mejorar la visibilidad del potencial que tiene la agroforestería en términos de captura de carbono, Arce y Azero (2018), levantaron información acerca de la masa de C secuestrado en el suelo, en las mismas parcelas de estudio. Para el cálculo se consideró una profundidad de capa arable de 0,20m, y un contenido de C de 58% de la materia orgánica del suelo. Se puede observar que el suelo es el principal reservorio de C almacenado en cada SAFD, incrementando los aportes de carbono hasta 20 veces más que la biomasa aérea (Figura 2). Los valores de C total en las parcelas alcanzan valores que oscilan desde 46,7 Mg C ha<sup>-1</sup> en TAR<sub>5a</sub> hasta 144,7 Mg C ha<sup>-1</sup> en VIN<sub>17</sub>.

**Figura 2: Almacenamiento de carbono total en las parcelas SAFD**



En términos promedio de todas las parcelas agroforestales, la Tabla 9 muestra que solo el suelo genera 63,81 Mg C ha<sup>-1</sup> de carbono sobre 83,57 Mg C ha<sup>-1</sup> de carbono promedio almacenado en los sistemas agroforestales de la región semiárida de Cochabamba, representando el 75% del carbono almacenado en las parcelas. Estos datos sugieren la importancia del aporte de elevadas cantidades de residuos, a manera de *mulch*, para poder incrementar el contenido de materia orgánica edáfica en el tiempo (Azero y Ricaldi, 2017). Según Stevenson (1994), los principales factores que actúan sobre la evolución de la materia orgánica del suelo y su estado de residencia, conciernen al tipo de vegetación presente, ingreso de residuos, composición

química de los materiales, factores climáticos (temperatura y humedad) y propiedades del suelo entre los principales. A igualdad de factores climáticos y edáficos, las características más favorables para incrementar el humus del suelo serían tener el follaje y los tallos más duros y lignificados (mayor potencial humígeno), y la mayor producción de biomasa. Estas características están asociadas con especies como las acacias, las coníferas o el molle.

Así también se puede observar que la cantidad de carbono almacenado en las hileras  $67,57 \pm 21,02 \text{ Mg C ha}^{-1}$  es mayor que en los callejones  $60,05 \pm 22,39 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Esto se explica lógicamente porque el depósito de residuos de poda se realiza mayormente en las hileras. Para incrementar el contenido en los callejones, se debería también sustituir el manejo de la labranza a técnicas de siembra directa.

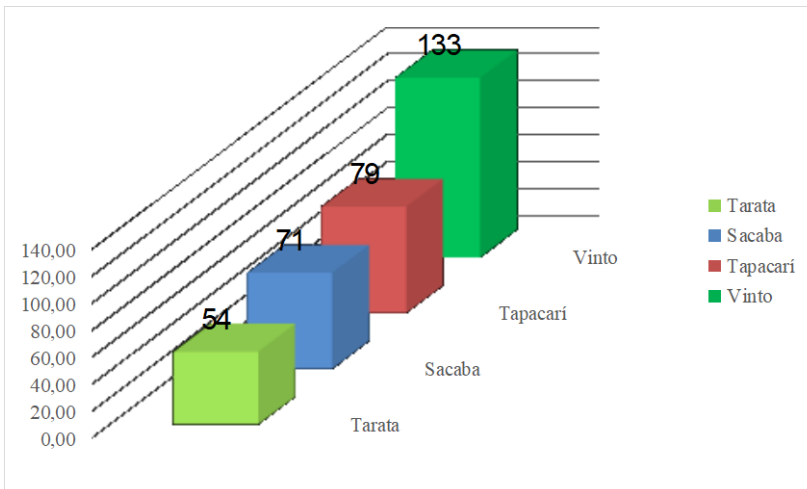
**Tabla 9: Cantidad de carbono almacenado en el suelo y en la biomasa aérea, en términos promedio de las 10 parcelas SAF**

	Total de C en biomasa y suelo (Mg/ha)	Masa de C en el suelo (Mg/ha)	% de Carbono en el suelo
Biomasa aérea solamente	19,76±5,10		
Biomasa aérea + suelo- Hilera	87,33±21,02	67,57±21,02	77%
Biomasa aérea + suelo- Callejón	79,80±22,72	60,05±22,39	75%
Biomasa aérea + suelo- SAF (promedio)	83,57±21,08	63,81±20,42	76%

### Análisis del almacenamiento carbono según las zonas de estudio

Se encontraron diferencias significativas con respecto a la fijación de carbono en cada escenario (Tarata, Sacaba, Tapacarí, Vinto) donde se hallan distribuidas las parcelas SAFD. En ese sentido en la localidad de Tarata se almacenó la menor cantidad, 53,99 Mg C ha<sup>-1</sup>, y en la localidad de Vinto, la mayor, 133,36 Mg C ha<sup>-1</sup>. Esta diferencia de cantidades almacenadas de C, en función de los municipios, responde a varios factores, entre ellos el diferente tiempo transcurrido desde la implementación y los contextos biofísicos locales (calidad del suelo, disponibilidad de riego, topografía, uso de insumos, composición de la vegetación silvestre y de las especies leñosas plantadas, manejo, poda, uso de insumos, etc.).

**Figura 3: Almacenamiento de carbono según las zonas de estudio**



Vos *et al.* (2015) realizaron un trabajo similar al presente, evaluando 20 SAF de la amazonía boliviana, específicamente en las zonas de Riberalta y Mojos al Norte y Sud del Beni y Guarayos en Santa Cruz. Los sistemas agroforestales estudiados por ellos tenían una edad de entre 3 y 14 años desde su implementación. Sus resultados de C almacenado en la biomasa, el mantillo y el suelo, alcanzan en promedio (de las 20 parcelas) 106,09 Mg C/ha, de los cuales solamente 33% se encuentran en el suelo. En cambio, en la zona semiárida de Cochabamba, 83,57 Mg C/ha fueron almacenados por el SAF promedio, de los cuales 64% se encuentran fijados en el suelo (ver Tabla 10). Los resultados reflejan claramente la tendencia que ha sido registrada en la

literatura, de que los suelos de zonas templadas tienen un mayor potencial de acumulación de C en relación a los de zonas cálidas, contrariamente a lo que ocurre con la biomasa aérea. En este sentido se debe resaltar que el componente suelo en los SAFD de la región de los Valles interandinos tiene un potencial importante para el almacenaje de carbono en el suelo. El diagnóstico anterior también pone en evidencia a los SAFD en zonas semiáridas como prácticas de agricultura regenerativa, que se enfocan en el alto aporte de biomasa y formación de humus en el suelo. Al mismo tiempo, se convierten en una interesante opción de sumideros de carbono ya que demandan inversiones proporcionalmente mucho más pequeñas que otras alternativas de mitigación del cambio climático.

**Tabla 10: Comparación del C almacenado total (suelos, mantillo y biomasa aérea) en SAF de valles interandinos y los llanos de Bolivia**

Manejo	Sistemas agroforestales	
<i>Mg C promedio SAF/ha</i>	83,57±21,08	106,09±21,26

Considerando el contexto más amplio de los diferentes continentes y ecorregiones, se han elaborado proyecciones de almacenamiento potencial de C en un periodo de 50 años como se muestra en la Tabla 10. Según estas estimaciones, a nivel de las regiones, el potencial de secuestro de carbono en zonas secas varía entre (a) tierras bajas de Sudamérica, entre 39-195 Mg C ha<sup>-1</sup>, (b) en el Sudeste asiático entre 68-81 Mg C ha<sup>-1</sup> y (c) en Norte América entre 90-175 Mg C ha<sup>-1</sup>. Tomando el rango amplio de la Tabla, se tienen en los distintos continentes valores de 39-175 Mg C ha<sup>-1</sup>. Este rango amplio incluye los valores de 46-144 Mg C ha<sup>-1</sup> correspondiente los valles interandinos semiáridos de Cochabamba.

Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD)

**Tabla 10. Almacenamiento potencial de carbono en sistemas agroforestales según ecorregiones (Winjum et al. 1992)**

	<b>Ecorregión</b>	<b>Sistema Agroforestal</b>	<b>Mg carbono/ha</b>
<b>África</b>	Tropical húmeda alta	Agrosilvicultural	29-53
	Tropical húmeda baja	Agrosilvicultural	39-102
<b>Sudamérica</b>	<b>Tierras bajas áridas</b>		<b>39-195</b>
<b>Sudeste Asiático</b>	Tropical húmeda	Agrosilvicultural	12-228
	<b>Tierras bajas áridas</b>		<b>68-81</b>
<b>Australia</b>	Tropical húmeda baja	Silvopastoril	28-51
	Tropical húmeda alta	Silvopastoril	133-154
<b>Norte América</b>	Tropical húmeda baja		104-198
	<b>Tierras bajas áridas</b>		<b>90-175</b>
<b>Norte de Asia</b>	Tropical húmeda baja	Agrosilvicultural	15-18

#### 4. Conclusiones y recomendaciones

En la zona donde estuvieron ubicadas las 10 parcelas en estudio, se identificaron 2 pisos ecológicos: montano (Aramasí-Tapacará, Pairumani-Combujo-Vinto y La Maica-Tarata) y altimontano (Rodeo-Sacaba). La vegetación potencial del piso montano corresponde al bosque de *Schinopsis haenkeana-Vasconcellea quercifolia*, el bosque de *Acacia visco-Erythrina falcata* y el bosque de *Escallonia millegrana-Kageneckia lanceolata*. El piso altimontano corresponde a bosques potenciales de *Polylepis subtusalbida*. Se sugiere en base a esta caracterización, incluir dentro de los SAFD, algunas especies nativas propias de estos pisos, a fin de aportar también en los servicios ecológicos propios de cada piso.

Las parcelas SAFD estudiadas en el presente trabajo, por lo general presentan una relativamente alta diversidad de especies. La menos biodiversa tiene 8 especies leñosas implantadas en las hileras, en tanto que la más diversa presenta 28 especies leñosas distintas. Otra característica de los SAFD del departamento es que casi todas las parcelas estudiadas incluían una proporción, aunque variable según las parcelas, de especies nativas: desde 0% hasta 93% en términos de individuos.

A partir de la caracterización de la biomasa y del carbono del suelo, se ha estimado la fijación de carbono total acumulada en los 10 sistemas agroforestales. La parcela que fijó más carbono acumuló 144,66 Mg C ha<sup>-1</sup> (una parcela de 17 años) y la que menos fijó, 46,70 Mg C ha<sup>-1</sup> (5 años).

La tasa de fijación de carbono promedio por año, señaló un incremento de carbono durante el desarrollo de los árboles hasta la edad de 4 años, a partir de esta edad, disminuyó paulatinamente.

En cuanto al aporte de especies nativas y exóticas a la biomasa total, se observó que las parcelas más productivas en biomasa fueron las que tenían una distribución más equitativa entre esos dos grupos. Así, en la parcela con una proporción de 60% de especies nativas y un 40% de especies introducidas, el valor de carbono fijado fue el máximo. En este sentido la combinación de árbol frutal, árbol nativo más la compañía de un árbol introducido generó mayor acumulación y fijación de carbono en la parcela.

El análisis estadístico para determinar el factor de mayor influencia en la fijación de carbono muestra a la densidad de individuos por área como el parámetro de mayor incidencia por sobre la edad de la parcela y la intensidad en el manejo de la poda.

## Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD)

Para ejecutar posteriores investigaciones relacionadas con el tema, un trabajo pendiente es el aporte de la poda al suelo, para así ver el verdadero potencial de cada especie leñosa en el balance de C del sistema. Aquí solamente se estimó la biomasa presente, pero desconociendo el valor de la biomasa total producida. Esto permitirá identificar a las especies nativas y exóticas más productivas en el contexto de los SAF.

Más allá de incrementar la producción de fruta, hortalizas, flores, y cualquier otro producto de venta inmediata en los SAF, la posibilidad de maximizar la producción primaria es también importante, dado que genera mayores posibilidades económicas y restaurativas. Así, se incrementa la producción de madera, leña, forraje, etc., pero también biomasa para cubrir el suelo y aportar carbono al ecosistema edáfico. Con ello se restaura la productividad de las parcelas, que en su gran mayoría se encuentran degradadas en Cochabamba. Según la estimación de un estudio ministerial (MDSMA, 1996), el 94 % de la zona andina del departamento de Cochabamba presenta algún grado de erosión de suelos. En este sentido, realizar un estudio sobre el aporte económico total, considerando un análisis privado y social, de parte de estos sistemas, permitiría profundizar la importancia de incrementar la productividad primaria neta del sistema.

En los sistemas productivos más densos y biodiversos, por otro lado, existiría un potencial mayor de suplir un conjunto de funciones ecológicas, además del secuestro de Carbono y la restauración de la materia orgánica edáfica. Esto da lugar a estudiar también otros cambios en los servicios ecológicos producidos por SAF.

## 5. Referencias

Arce, A., & Azero, M. (2018). Evaluación de la calidad del suelo en sistemas agroforestales dinámicos versus sistemas convencionales en el semiárido de Cochabamba. Universidad Católica Boliviana San Pablo, Proyecto de Investigación para la Adaptación al Cambio Climático, PIA.ACC-UCB, Cochabamba.

Azero, M. (2015). Desarrollo de un modelo y una metodología para implementar sistemas agroforestales a partir de procesos participativos; 10 estudio de caso de comunidades de Tarata, Sacaba y Vinto, Cochabamba.

Azero, M. y Ricaldi, T. (2017). Resiliencia socioecológica de suelos agrícolas en seis comunidades andinas de la zona semiárida del Departamento de Cochabamba y propuesta para su fortalecimiento. Proyecto Resiliencia de sistemas productivos y alimentarios en comunidades de Pasorapa, Santivañez y Tapacarí. Universidad Mayor de San Simón, Universidad Católica Boliviana, Cochabamba, COSUDE PIA-ACC.

Azero, M. (Ed.) (2018). Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos del semiárido de Cochabamba. Universidad Católica Boliviana San Pablo, Proyecto PIA-ACC de la cooperación Suiza.

Callo-Concha, D., Krishnamurthy, L., & Alegre, J. C. (2001). Cuantificación del carbono secuestrado por algunos sistemas agroforestales testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. Obtenido de [https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/53\\_Callo\\_Concha.PDF](https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/53_Callo_Concha.PDF)

Casanova-Lugo, F., Ramírez-Avilés, L., & Solorio-Sánchez, F. J. (2010). Efecto del intervalo de poda sobre la biomasa foliar y radical en árboles forrajeros en monocultivo y asociados. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12, 657-665. Mérida, Yucatán, México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93915170023.pdf>

Chave, J., Andalo, C., & Brown, S. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 87-99. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15971085/>

Dixon, R., Andrasko, K., Sussman, K., Lavinson, F., Trexler, M., & Vinson, T. (1993). Tropical forests: their past, present and potential future role in the terrestrial carbon budget. *Water Air Soil Pollut*, 70, 71-94.

## Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD)

Espinoza, W., Krishnamurthy, L., & Vázquez, L. (2012). Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y medio ambiente (RCHSFA)*, 18(1), 57-70.

FAO. (2015). El suelo ayuda a combatir y adaptarse al cambio climático. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y para la Agricultura. Roma. Obtenido de [www.fao.org/soils-2015/es/](http://www.fao.org/soils-2015/es/)

GFW. (2 de Agosto de 2018). Global Forest Watch. Obtenido de <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/BOL?category=climate&emissionsDeforestation=eyJpbnRlcmFjdGlvbil6e319&map=eyJjZW50ZXliOmsibGF0IjotMTYuMzk0ODY5NTQ4NzA1NTQzLCJsbmciOi02My41NDY0MzYzMTAwMjU0NTZ9LCJiZWYyaW5nljowLCJwaXRjaCl6MCwiem9vbSI6NC4zN>

Gruberg-Cazon, H. (diciembre de 2014). Agroforestería Dinámica en Los Valles Inerandinos de Bolivia – Superando miedos y rompiendo paradigmas. Red de Espacios Compartidos, RED-ECOSAF. Cochabamba, Bolivia. Obtenido de [http://www.ecosaf.org/agroforesteria/Art\\_%201\\_%20superando%20miedos.pdf](http://www.ecosaf.org/agroforesteria/Art_%201_%20superando%20miedos.pdf)

Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., . . . Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* (45), 27-36. Obtenido de <http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/Articulos/almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20biomasa%20arborea.pdf>

IPCC. (2006). Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Intergovernmental Panel on Climate Change. Obtenido de [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/publi/2006gl/spanish/index.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/publi/2006gl/spanish/index.html)

Jaramillo, V. (2004). El ciclo global del Carbono. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, UNAM, 16-27. México D.F. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/437/jaramillo.html>

Krankina, O., & Dixon, R. (1994). Forest management options to conserve and sequester terrestrial carbon in the Russian Federation. *World Resour.Rev.*, 88-101.

Montgnini, F., & Nair, P. (2004). Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* (61), 281-295.

Murguía-Guzmán, P. (2016). Determinación de la capacidad de retención de carbono en la biomasa forestal aérea mediante modelos matemáticos alométricos en dos parcelas permanentes del bosque Pluviestacional San Martín en la Región Madidi [Proyecto de grado]. Universidad De Aquino Bolivia, La-Paz, Bolivia. Obtenido de [http://www.mobot.org/PDFs/research/madidi/Paola\\_Murguia\\_Tesis\\_Ing.pdf](http://www.mobot.org/PDFs/research/madidi/Paola_Murguia_Tesis_Ing.pdf)

Navarro, G., Aguirre, L., & Maldonado, M. (2015). Geografía ecológica de Bolivia, ecología y conservación del valle central de Cochabamba. Centro de Biodiversidad y Genética. Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba.

Rügnitz-Tito, M., Chacón-León, M., & Porro, R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA)., 1, 79p. Lima, Perú.

Schroeder, P. (1993). Agroforestry systems: Integrated land use to store and conserve carbon. *Climate Res* (3), 53-60.

Stevenson, F. J. (1994). *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions* (Vol. 2do). Wiley.

Vos, A. V., Vaca, O., & Cruz, A. (2015). Sistemas Agroforestales en la Amazonia boliviana: una valoración de sus múltiples funciones a partir de estudios de caso. Cuadernos de Investigación, N 82, Centro de Investigación y Promoción del Campesinado, La Paz.

Winjum, J., Dixon, R., & Schroeder, P. (1992). Estimating the global potential of forest and agroforest management practices to sequester carbon. *Water Air Soil Pollut* (64), 213-227. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10705-004-5285-6>

Yerena-Yamallel, J. I., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Pompa-García, M., Aguirre-Calderón, O. A., & Treviño-Garza, E. J. (October de 2015). Contenido del Carbono en la biomasa aérea del Mezquital con historial agrícola en México. *Interciencia*, 40(10).

*Andrea Arce Alvarez / Mauricio Azero Alcocer*

## Calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos en comparación a sistemas convencionales en el semiárido de Cochabamba – Bolivia

### Soils quality in dynamic agroforestry systems comparing to conventional systems in the semiarid of Cochabamba – Bolivia

Originally published as:

Azero Alcocer, M. (Ed.). 2018. Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba Diez estudios de caso de las comunidades de Rodeo (Sacaba), La Maica (Tarata), Aramasí (Tapacarí), y Combuayo y Pairumani (Vinto). Universidad Católica Boliviana San Pablo. Editorial Kipus. En la presente versión actualizada, se incluyó en el análisis la evaluación integral de la calidad del suelo a partir de un Índice de Calidad de Suelos

#### 1. Introduction

En Bolivia, en la zona andina, los niveles de degradación se aproximan al 50 % de la tierra (MDS, 1995). Estos procesos se manifiestan con una fuerza especial en los suelos agrícolas, y tienen incidencia en aspectos socioeconómicos y ambientales de las comunidades rurales, que finalmente determinan condiciones de inestabilidad social (MDS, 1995).

La agroforestería es un enfoque productivo que está recibiendo un especial impulso por parte de los organismos internacionales, particularmente por sus características adaptativas al cambio climático (IPCC, 2014; ICRAF, 2016), pero también por su capacidad de promover la recuperación de los agroecosistemas degradados (Altieri y Farreli, s/f). Por otro lado, en el caso

de la zona andina, se destaca el hecho de que en ciertas zonas habrían existido saberes tradicionales antiguos referidos al uso de sistemas agroforestales (SAF) como mecanismos de adaptación al cambio climático (Chepstow-Lusty y Winfield, 2000; Mathez-Stiefel, 2016).

En Cochabamba en los últimos 15 años se han implementado sistemas agroforestales con un enfoque sucesional (SAFS), impulsados por distintas instituciones (Proyecto SARA, Predio Experimental Mollesnejta, entre otros). Debido a la complejidad de los sistemas sucesionales, posteriormente estas experiencias migraron hacia un nuevo concepto, más pragmático, que es conocido actualmente como sistemas agroforestales dinámicos (SAFD). Son sistemas altamente cambiantes, inspirados en la dinámica de los bosques, que combinan distintas especies “productivas” (función económica) y “acompañantes”, (función ecológica), cuya presencia y relevancia va cambiando a lo largo de la sucesión. Se basan en ciertos principios, entre ellos la alta diversidad de especies leñosas utilizadas, la elevada densidad de plantación de las especies leñosas, la plantación de especies productivas y acompañantes, el uso de estratos de vegetación, el uso de la poda como una práctica de manejo fundamental para controlar el balance entre especies productivas y acompañantes, y, por lo general la disposición de árboles en hileras, acompañados de cultivos tradicionales en los callejones (alley cropping).

La implementación de SAFD es promovida actualmente en Cochabamba por un conjunto de instituciones, tales como la Red ECO-SAF, NatureFund eV, CETM, AGRECOL-Andes, Granja Modelo Pairumani, Escuela Superior Forestal de la Universidad Mayor de San Simón, Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Boliviana, entre otras.

Estas experiencias son relativamente nuevas y no han sido todavía adecuadamente registradas, sistematizadas ni evaluadas de manera suficiente. Por ejemplo, no se conoce de manera precisa los cambios que inducen los sistemas agroforestales en el suelo, en comparación a los sistemas convencionales. Es así que el objetivo de este trabajo fue aportar en la evaluación comparativa de la calidad de los suelos bajo sistemas agroforestales dinámicos, en relación a sistemas convencionales vecinos.

Para evaluar los suelos, tradicionalmente se usan las denominadas propiedades del suelo, físicas, químicas y biológicas. Su conocimiento es clave para tomar decisiones agronómicas y ambientales (Obi *et al.*, 2010). En conjunto las propiedades reflejan la calidad de suelo. La determinación

de un set variado de indicadores tiene la ventaja de que permite conocer las fortalezas y debilidades del suelo. Sin embargo, se presentan dificultades al momento de sacar conclusiones sobre la mejora de la calidad integral del suelo. En este sentido toma importancia el uso de índices integrales de calidad, tal como el Índice de Calidad del Suelo, ICS (*Soil Quality Index*). El ICS puede utilizarse para comparar la evolución de un suelo en el tiempo o para comparar diferentes suelos en un momento del tiempo.

En el presente trabajo, se analizaron los suelos de 10 casos de estudio de parcelas agroforestales dinámicas, cada una con su correspondiente parcela convencional vecina. Todas ellas con distinto tiempo de implementación, un distinto diseño, distintas características de manejo y distinta localización en la región semiárida del departamento de Cochabamba, Bolivia.

Tomando como base de trabajo esos 10 casos de estudio, el objetivo planteado en la presente investigación fue (1) comparar los suelos agroforestales (separando hileras de callejones) con suelos vecinos de agricultura convencional, en base a una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos, y (2) agregar los parámetros relevantes en un índice de calidad de suelo, que permita un análisis integral de la calidad de suelos agroforestales y de manejo convencional.

## 2. Metodología

### 2.1 Contexto geográfico

El estudio se realizó en cinco comunidades (Rodeo, Aramasí, La Maica, Combuyo y Pairumani) de cuatro diferentes municipios (Sacaba, Tapacarí, Tarata y Vinto) del departamento de Cochabamba, Bolivia. En la Tabla 1 se detallan las características geográficas de cada parcela y la identificación del manejo de las mismas (agroforestal o convencional).

**Tabla 1: Ubicación geográfica de las parcelas y tipo de manejo**

Lugar	Parcela	Cód.	Latitud	Longitud	Altitud	Manejo
Sacaba-Rodeo	Sacaba 1 – 3años Delicia R.	Sac1	17°25'26.04"S	65°53'46.30"O	3.491	SAF
Sacaba-Rodeo	Sacaba 2 – 3años Maura S.	Sac2	17°25'24.81"S	65°53'50.43"O	3.473	SAF
Sacaba-Rodeo	Testigo Sacaba	Sac test	17°25'22.46"S	65°53'52.25"O	3.468	Convenc.
Tarata-Maica	Tarata 1– 5años Orlando E.	Tar1	17°38'25.31"S	66°4'23.01"O	2.913	SAF
Tarata-Maica	Testigo Tarata 1	Tar1 test	17°38'26.25"S	66°4'23.86"O	2.914	Convenc.
Tarata-Maica	Tarata 2– 5años Indalecio V.	Tar2	17°39'5.83"S	66° 5'21.60"O	2.997	SAF
Tarata-Maica	Testigo Tarata 2	Tar2 test	17°39'6.32"S	66° 5'22.89"O	2.997	Convenc.
Tapacarí Aramasí	Tapacarí 1– 4años Isidro G.	Tap1	17°36'17.81"S	66°27'13.41"O	2.961	SAF
Tapacarí Aramasí	Testigo Tapacarí 1	Tap1 test	17°36'17.39"S	66°27'13.96"O	2.958	Convenc.
Tapacarí Aramasí	Tapacarí 2– 3años Orlando B.	Tap2	17°36'7.28"S	66°27'14.59"O	2.932	SAF
Tapacarí Aramasí	Testigo Tapacarí 2	Tap2 test	17°36'7.82"S	66°27'15.64"O	2.929	Convenc.

Calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos

Lugar	Parcela	Cód.	Latitud	Longitud	Altitud	Manejo
Tapacarí Aramasí	Tapacarí 3– 8años Andres H.	Tap3	17°36'46.44"S	66°26'48.38"O	2.987	SAF
Tapacarí Aramasí	Testigo Tapacarí 3	Tap3 test	17°36'44.96"S	66°26'49.85"O	2.981	Convenc.
Vinto- Combuyo	Vinto 1– 17años Noemi SK-Olivo	Vin1	17°21'22.26"S	66°20'50.94"O	2.766	SAF
Vinto- Combuyo	Vinto 2– 14años Noemi SK- Manzana	Vin2	17°21'13.65"S	66°20'55.09"O	2.813	SAF
Vinto- Combuyo	Testigo 1-2 Mollesneja	Vin test 1-2	17°21'23.45"S	66°20'44.75"O	2.748	Convenc.
Vinto- Iskaypata	Vinto 3– 3años GMP	Vin3	17°21'35.17"S	66°19'21.12"O	2.673	SAF
Vinto- Iskaypata	Testigo 3 GMP	Vin3 test	17°21'36.22"S	66°19'23.42"O	2.673	Convenc.

Fuente: Elaboración propia. Datos de latitud, longitud y altitud, de Google Earth Pro

## 2.2 Muestreo en campo

Para las parcelas SAF el muestreo se realizó a lo largo de transectos. Se seleccionaron 3 hileras de árboles representativas de la parcela y 3 callejones que quedaban por debajo (menor altitud) de las hileras. Al momento del muestreo de los suelos se procedió a tomar 6 submuestras con una separación de aproximadamente 5 m cada una. La muestra provino de los primeros 20cm de profundidad. Para cada hilera se tomaron 3 muestras compuestas, lo mismo que para cada callejón. Para las parcelas convencionales el muestreo fue al azar en zigzag con 6 submuestras constituyendo 1 muestra compuesta por cada testigo.

Este proceso se realizó 2 veces, el primero en los meses de octubre a diciembre y el segundo en mayo a junio, teniendo un set de muestras para los análisis físico-químicos y otro para los biológicos. Estas últimas muestras se mantuvieron a 5°C en un lugar oscuro en bolsas ZIP para la realización de los análisis correspondientes.

## 2.3 Análisis de laboratorio

De las muestras de suelo levantadas, un set de ellas fue derivado al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Mayor de San Simón, donde se realizaron los análisis físico-químicos: Textura, Densidad Aparente ( $D_a$ ), Densidad de las Partículas ( $D_p$ ), Curva de Retención de Humedad, pH, Conductividad Eléctrica (CE), Cationes Intercambiables (Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Materia Orgánica (MO), Nitrógeno Total ( $N_t$ ), Fósforo Total ( $P_t$ ) y Fósforo Disponible ( $P_d$ ). Otro set se llevó al laboratorio de biología de la Universidad Católica Boliviana donde se analizó el Carbono Orgánico Activo (COA) y Biomasa Microbiana del suelo expresada como Carbono o Nitrógeno (MBC y MBN). Un tercer set se condujo a un laboratorio privado para los análisis biológicos de Colémbolos, Ácaros y Materia Orgánica Particulada (MOP).

## 2.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y t-Student para saber si existían diferencias significativas de las variables analizadas de acuerdo a los manejos estudiados sobre la calidad de suelo (Masto *et al.*, 2007), a un nivel de significancia de 0,05. Solo las variables que tienen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) fueron elegidas como importantes para ser parte de los indicadores de calidad de suelo (Liu *et al.*, 2014).

Se aplicó el análisis de componentes principales (ACP) para determinar los indicadores más relevantes e influyentes en la calidad de suelo. Se asumió que los CP que recibieron valores propios altos representan mejor la variación en el sistema considerando una varianza mayor al 80%. Solo las variables con alto factor de carga se retuvieron en cada CP para la indexación de la calidad del suelo, es decir, las variables con valores absolutos ponderados dentro del 10% del valor de indicador con carga más alta para cada CP. Cuando más de una variable se conservaron en los CP, se empleó una correlación multivariable para determinar si algunas de las variables altamente ponderadas podrían ser considerado redundante y, por lo tanto, eliminado del ICS (Andrews *et al.*, 2002).

Si los factores altamente cargados no estaban correlacionados (coeficiente de correlación  $<0.60$ ), entonces cada uno fue considerado importante y, por lo tanto, retenido en el ICS. Entre variables bien correlacionadas, la que tenía el factor de carga más alto (valor absoluto) fue elegido para el ICS (Andrews *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2014), contrastado con la opinión de los expertos. Estos análisis se realizaron a través del software SAS versión 9.2.

### 2.5 Determinación del Índice de Calidad del Suelo, ICS

A través de los resultados obtenidos por el análisis estadístico, se realizó la validación de la selección del set mínimo de datos (MDS) por medio de la opinión de los expertos y el método “*The Soil Management Assessment Framework*”, SMAF (Andrews *et al.*, 2004). Se aplicó ACP para la reducción de variables. Se evaluaron un total de 31 variables físicas, químicas y biológicas.

Para el desarrollo del ICS se transformaron los valores observados de los indicadores de calidad del suelo (CS) en puntajes numéricos normalizados que van de 0-1, con la ayuda de tres funciones de puntuación estandarizadas, a saber (1) más es mejor, (2) menos es mejor y (3) curva óptima (Andrews *et al.*, 2002; Karlen y Stott, 1994). Las curvas generadas se hicieron a través del programa *CurveExpert* 1.4, las cuales fueron determinadas por sus valores críticos (Sinha *et al.*, 2013).

Los valores críticos incluyen límites de umbral y valores de referencia, que se modificaron acorde a conocimiento de los expertos en el tema y concedores de la zona de estudio.

El índice de calidad de suelos se evaluó en base al método propuesto por Zhang *et al.* (2003). Se incluyeron tres funciones de suelo: resistencia a la

erosión (ER); disponibilidad de nutrientes (NA); y ambiente favorable para el desarrollo de las raíces (RS). Además se revisó la ponderación que se le dio a cada función de los indicadores y también al modelo matemático del índice de calidad de suelo (Fernandes *et al.*, 2011) para su adaptación a la zona semiárida de Cochabamba

Para la interpretación del ICS se utilizó una escala de comparación en cinco clases de CS que va desde muy alta calidad, 0,80-1,00, hasta muy baja calidad, 0,00-0,19 (Tamayo, 2009). Además se comparó con los criterios y/o percepciones que se recopilaron de los productores, técnicos y expertos que conocen las zonas de estudios para ver la similitud del ICS con la realidad.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Características de los sistemas agroforestales y convencionales

El análisis de las propiedades del suelo mostró que en la zona de estudio se presentaron tres grupos: hilera de árboles (hilera), callejones de los SAF donde se siembran diferentes cultivos convencionales (callejón) que son parte del sistema agroforestal, y manejo convencional (testigo). En la Figura 1 se muestran dos imágenes de dos sistemas.

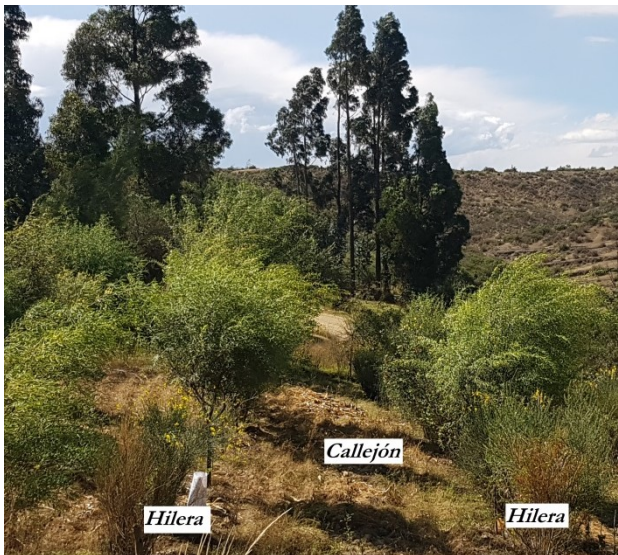
Los sistemas agroforestales dinámicos estudiados incluyen especies productivas (más que todo frutales, entre los que destacaron los manzanos) y especies acompañantes (especies forestales, leguminosas, especies nativas, otras). Ambos grupos se alternan en las hileras y van acompañadas de cultivos tradicionales (hortalizas, papa, cereales, etc.) en los callejones. El tiempo de implementación de los sistemas agroforestales en las parcelas estudiadas fue muy variable, entre 3 y 17 años.

En general, en los primeros años la producción de estos sistemas agroforestales se destina inicialmente al auto consumo. Luego de que se van produciendo excedentes (desde el año 3 o 4), la venta de productos y su aporte a la economía del productor es cada vez más importante.

Por otro lado, las parcelas de manejo convencional (testigo) estudiadas, están reservadas principalmente a monocultivos tradicionales, tales como maíz, avena, cebada, trigo y papa, para el consumo del ganado o su comercialización ya sea como grano o como forraje. En la Tabla 2 se registran las principales características de los sistemas estudiados.

## Calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos

Figura 1: Fotografías de dos sistemas agroforestales dinámicos con sus componentes Callejón e Hileras, en Rodeo y La Maica.



<b>Tabla 2: Características de manejo de los sistemas estudiados</b>	
<b>Código</b>	<b>Manejo</b>
	<b>Sistema agroforestal dinámico</b>
Sac 1	Plantación de 20 especies representadas por 146 plantas entre las más representativas la manzana, acacia, ligustro y tumbo, con cultivos de cebolla y flores en los callejones. Suelos cubiertos parcialmente de rastrojo de la poda; comercialización de cebolla; disponibilidad de agua para riego
Sac 2	Plantación de 17 especies representadas por 107 plantas entre las más representativas la manzana, acacia, retama, ceticio con cultivos de flores y papa solo en los callejones inferiores de la parcela; no contiene mucho rastrojo; agua de riego restringida
Tar1	Plantación de 28 especies representadas por 392 plantas entre las más representativas la retama, cedrón, tara y tipa con cultivos de alfalfa en la parte superior y maíz en la parte inferior; no hay rastrojo en los callejones; venta de hojas de cedrón y flores de retama; disponibilidad de agua para riego
Tar2	Plantación de 18 especies representadas por 162 plantas entre las más representativas la durazno, retama, tara y acacia con cultivos en la parte inferior de flores, maíz y otras hortalizas; parcela semi-abandonada; agua de riego restringida
Tap1	Plantación de 24 especies representadas por 553 plantas entre las más representativas la manzana, durazno, aliso y chacatea presencia de barreras verdes; disponibilidad de agua; comercialización de manzana
Tap2	Plantación de 22 especies representadas por 237 plantas entre las más representativas la manzana, acacia, molle y chacatea cultivo en la parte inferior de cebolla y papa; baja disponibilidad de agua

Calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos

<b>Código</b>	<b>Manejo</b>
Tap3	Plantación de 24 especies representadas por 326 plantas entre las más representativas la manzana, thola, molle y chacatea; sin cultivo; presencia de algunas herbáceas; rastrojo presente; baja disponibilidad de agua; comercialización de manzana
Vin1	Plantación de diversas especies entre las más representativas el olivo, jacaranda y tuna; el resto cubierto por una diversidad de herbáceas; alto contenido de rastrojo; el muestreo se realizó después de que el incendio ocurrió (2017) contaba con 13 especies representadas por 589 plantas; no dispone de agua para riego
Vin2	Plantación de 17 especies representadas por 195 plantas entre las más representativas la manzana, thola, jacaranda y chacatea; sin cultivos; pinos como lindero de la parcela; presenta alto contenido de rastrojo y carbón en el área de los árboles para la retención de agua; no dispone de agua para riego
Vin3	Plantación de 8 especies representadas por 47 plantas entre las más representativas la manzana, acacia y ceticio sin ningún cultivo; cubierta de diversas herbáceas silvestres; presencia de rastrojos; disponibilidad de agua
	<b>Sistema convencional</b>
Sac test	Parcela en estado de descanso cubierta por pastura
Tar1 test	Parcela en estado de descanso cubierta de diferentes herbáceas muy dispersas y algunas pasturas
Tar2 test	Plantación de cebada o trigo para su comercialización; suelo descubierto
Tap1 test	Plantación de maíz; presencia de abono
Tap2 test	Plantación de maíz con pequeñas terrazas con barreras verdes
Tap3 test	Plantación de maíz, abonada; influencia de una parcela SAF que está al lado en pendiente superior

Código	Manejo
Vin test 1-2	Plantación de papa, quilquiña y flores; disponibilidad de agua
Vin3 test	Parcela en estado de descanso cubierta por diversas herbáceas; disponibilidad de agua; el muestreo con elevada humedad se realizó después del riego

### 3.2 Variabilidad de los indicadores de suelo en los tipos de manejo

Por medio del ANOVA, se obtuvo una diferencia significativa entre estas variables, en relación al “manejo” (hileras SAF, callejones SAF y manejo convencional). De acuerdo a las diferencias significativas se realizó la comparación de medias mediante contrastes de un 1 grado de libertad con el estadístico *t* de Student.

A continuación se interpretan las diferencias significativas de los indicadores físicos, químicos y biológicos en base al manejo.

#### *Indicadores químicos*

Se observa que de acuerdo a los parámetros químicos (Tabla 3) las hileras y callejones son similares en CE, Mg<sup>++</sup> y Na<sup>+</sup> y mejores que los testigos en estos tres indicadores.

En términos generales, muestra de manera consistente la mayor concentración de Nitrógeno ocurrida bajo las hileras de árboles, seguida por los callejones y en menor medida por los cultivos convencionales. Estos resultados tienen explicación posiblemente con en la incorporación de Nitrógeno por las leguminosas arbustivas y arbóreas que han sido incluidas en todos los SAF. Este hecho se ha mostrado en otros trabajos, tal como Alegre *et al.* (2015).

Por otra parte, el K<sup>+</sup> tiene concentraciones similares en el manejo de hilera y testigo a diferencia del callejón, donde está presente en menor disponibilidad.

## Calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos

**Tabla 3. Indicadores químicos en los 3 tipos de manejo**

	Hilera	Callejón	Testigo
CE (mmhos cm <sup>-1</sup> )	0,27 a	0,22 a	0,18 b
Mg <sup>++</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	3,65 a	4,08 a	2,57 b
Na <sup>+</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	1,64 a	1,55 a	0,89 b
Nt (%)	0,23 a	0,19 b	0,12 c
K <sup>+</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,69 a	0,63 b	0,74 a
pH	6,89 a	6,86 a	6,52 b
TBI (me 100g <sup>-1</sup> )	13,22 a	13,20 a	10,69 b
CIC (me 100g <sup>-1</sup> )	13,13 a	12,43 a	9,16 b
SB (%)	96,73 b	95,77 b	100,26 a
Pd (ppm)	19,44 b	14,96 c	27,19 a
Pt (ppm)	723,92 b	683,71 c	963,18 a

En la Tabla 3 se puede observar que existe la tendencia a valores de pH, TBI y CEC mayores bajo las hileras, seguidos de valores menores en callejones y por debajo aún en parcelas convencionales. En el caso de la SB, el testigo (100 %) tienen mayor porcentaje que la hilera (96,7 %) y callejón (95,8 %), sin embargo sus valores son similares y están saturados en rangos muy altos (Laboratorio S & A).

Se puede observar es que en todos los casos, en las parcelas agroforestales los niveles de pH caen en el rango de 6,5 – 7,5, lo cual se puede considerar como adecuado.

En Vinto, las parcelas Vin1 y Vin2 presentan pH ácidos siendo que Vin2 es más ácida que Vin1 esto se puede deber a la presencia de un alto contenido de materia orgánica, especialmente elevados en esos suelos. Sin embargo no se encontraron pH menor a 5,5 que ya son valores que provocan dificultades para el desarrollo de la mayoría de los cultivos debidos a la baja disponibilidad del conjunto de los nutrientes.

Asimismo, se observa que los valores de CEC son similares en hileras y callejones, pero ambos superiores a CEC de las parcelas convencionales, en promedio. Estas diferencias presentadas en hilera-callejón y testigo sobre la CEC posiblemente estén asociadas con las mayores acumulaciones de materia orgánica y Carbono activo (Tabla 3) en el suelo (Rosas *et al.*, 2012).

También  $P_d$  y  $P_t$  se muestran diferencias en los manejos teniendo mayor disponibilidad y presencia en los testigos seguidos por las hileras, donde existió una disponibilidad mayor de Fósforo que en los callejones (Tabla 3). De acuerdo a los resultados obtenidos, se tiene ciertamente mayor disponibilidad de Fósforo en las hileras de árbol que en los callejones, como una generalidad. Sin embargo, en algunos casos se observaron valores mayores de  $P_d$  y  $P_t$  en los sistemas convencionales, lo cual está relacionado posiblemente con la aplicación de fertilizantes o abonos de estiércol en los cultivos tradicionales. Los estiércoles se constituyen en una fuente importante de P. Esto concuerda con la observación de que los suelos de Tapacará y Vinto donde regularmente se aplican abonos de vacunos y gallinaza, tienen mayor contenido de P disminuyendo para Sacaba, donde se utiliza más bien, regularmente, abono de ovinos, a diferencia de los SAF donde no se aplican fertilizantes ni abonos.

#### *Indicadores físicos*

Por otra parte, en la Tabla 4, la tendencia se repite en todos los indicadores por lo que la hilera y callejón tienen mejor condición que el testigo, la curva de humedad, incluyendo el AD se diferencia claramente entre el SAF (Hilera y Callejón) del sistema convencional (Testigo), en consonancia con los valores de materia orgánica (Lambers *et al.*, 1998 citado por Mariño, 2006).

<b>Tabla 4: Indicadores físicos en los 3 tipos de manejo</b>			
	Hilera	Callejón	Testigo
CC (%)	21,19 a	21,22 a	19,31 b
HE (1 Bar %)	17,41 a	17,47 a	15,60 b
PRC (5 Bar %)	13,57 a	13,29 a	11,86 b
PMR (10 Bar %)	12,01 a	11,85 b	10,46 c
PMP (15 Bar %)	11,14 a	10,96 a	9,71 b
AD (%)	10,05 a	10,26 a	9,60 b
$D_a$ (g cm <sup>-3</sup> )	1,25 b	1,32 a	1,36 a
$D_p$ (g cm <sup>-3</sup> )	2,50 b	2,54 a	2,58 a

Así, las parcelas de control (Testigo) ( $1,36 \text{ g cm}^{-3}$ ) y los callejones ( $1,32 \text{ g cm}^{-3}$ ) presentaron mayor densidad aparente en comparación a las parcelas en las que se establecieron las hileras de los árboles ( $1,25 \text{ g cm}^{-3}$ ). Por lo que cuanto mayor la densidad, menor el espacio poroso para el movimiento del agua, crecimiento y penetración de raíces, y el desarrollo de las plantas (Tabla 4). Así también los valores son aceptables puesto que se encontraron por debajo de  $1,46 \text{ g cm}^{-3}$  valor desde el cual se empieza a afectar el desarrollo radicular (Veihmeyer & Hendrickson, 1948).

### *Indicadores biológicos*

Las hileras presentan mayores valores en todos los indicadores biológicos, seguidos en orden descendente por los callejones y por último los testigos (Tabla 5).

Es así que el tipo de manejo incidió en la mayor acumulación de MO en el suelo, las hileras (4,82%) y los callejones (4,08%) presentaron mayor cantidad de MO en comparación a los testigos (2,20%). En los primeros dos casos, los valores pueden ser catalogados como altos, en tanto que en los últimos casos los valores entrarían en el rango de valores bajos de MO (Molina, s/f). Estos valores bajos sin embargo son los prevalentes en los suelos de la zona semiárida del departamento de Cochabamba (Bugarín *et al.*, 2010) debido a la pobre incorporación de hojarasca o algún cultivo de cobertura, que determinan balances de Carbono negativos.

También, el COA fue distinto en las hileras, callejones y el cultivo convencional, de manera muy consistente. El contenido de Carbono activo representa la fracción activa, más lábil de la materia orgánica. Es un indicador a corto plazo de los cambios de calidad del suelo dado que es más sensible al cambio de prácticas agroecológicas (Gilsanz & Peralta, 2015).

Las hileras en general presentaron mayor número de colémbolos así como los callejones, posiblemente vinculados con la mayor acumulación de materia orgánica y la acumulación de Carbono orgánico activo (Tabla 5) y posiblemente también con características de microclima auspiciado por la influencia de los árboles (Alegre *et al.*, 2015). Asimismo, la población de ácaros se caracterizó por ser mayor en las hileras, disminuyendo en los callejones y mucho menos en los testigos.

El incremento de colémbolos y ácaros en los SAF, interviene de manera directa en los procesos de fragmentación y redistribución de los residuos orgánicos, lo que facilita la descomposición de la materia orgánica y la

disponibilidad de nutrientes en la zona radicular, así como la aceleración del reciclaje de nutrientes (Socarrás & Izquierdo, 2016), en particular, en la mineralización del Fósforo y el Nitrógeno (Socarrás, 2013), ello garantiza el mantenimiento de la productividad del suelo.

De igual manera otros investigadores, al evaluar el efecto de sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica, encontraron que el mantenimiento de MO y la asociación de árboles y gramíneas incrementó los niveles de materia orgánica y la diversidad de organismos, beneficiando la fertilidad del suelo y, por consiguiente, la producción de biomasa (Cairo *et al.*, 2008).

Para la variable materia orgánica particulada se encontraron diferencias significativas entre los SAF y testigos. La fracción de MOP a la que se hace referencia comprende todas las partículas de materia orgánica del suelo con un tamaño inferior a 2 mm y mayores de 0,053 mm (Cambardella & Elliott, 1992), siendo quizás la fracción más fácilmente descomponible de la MO sin vida, después de la biomasa microbiana. La MOP cumple muchas funciones del suelo atribuidas a la MO. Es una fuente de alimento/energía para microorganismos y animales del suelo, así como nutrientes para el crecimiento de las plantas. La materia orgánica particulada mejora la estabilidad de los agregados, la infiltración de agua y la aireación del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y el pH de tamponamiento (NRCS, 2011). Se ha registrado que el contenido de MOP del suelo se ve afectado por los aportes orgánicos y la actividad de los agentes de descomposición del suelo (Fronning *et al.*, 2008).

**Tabla 5: Indicadores biológicos en los 3 tipos de manejo**

	Hilera	Callejón	Testigo
MO (%)	4,82 a	4,05 a	2,20 b
COA ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	0,36 a	0,30 b	0,25 c
Colémbolos (N°)	6,47 a	4,20 a	3,63 b
Ácaros (N°)	11,97 a	8,57 b	5,03 c
MOP (%)	1,40 a	1,11 a	0,46 b
MBN ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	30,59 a	18,86 b	13,61 b

Por último, la biomasa microbiana se refiere a la parte viviente de la MO sin considerar las raíces de las plantas ni organismos de tamaño mayor de  $5 \times 10^3$  u  $m^3$  (Agal *et al.*, 2003). En este caso, la MBN tuvo diferencias en que la hilera contiene más biomasa a diferencia del callejón y el testigo. Esta biomasa microbiana cumple con una doble función, primero es un agente de transformación de todos los materiales orgánicos que llegan al suelo y segundo como reserva lábil de N, P y S (Vidal *et al.*, 1997; Agal *et al.*, 2003).

Investigaciones reportan que la MBN está asociada al  $N_t$ , de esta manera indican que parcelas bajo el tratamiento de cero labranza y con retención de residuos mantuvieron una relación estrecha resultado de un mayor aporte de N y ello puede indicar un cambio en la población microbiana dominante (Vidal *et al.*, 1997).

Como conclusión general del análisis de parámetros, físicos, químicos y biológicos, los resultados mostraron que los suelos de los sistemas agroforestales (tanto en hileras, como en callejones) superaron significativamente a los suelos de producción convencional en 88% y 65% de las variables, respectivamente. Los suelos convencionales solamente superaron a los suelos agroforestales en 15% de los parámetros.

### 3.3 Selección del Set Mínimo de Datos (SMD)

Aplicando el Análisis de Componentes Principales, se encontró que los primeros siete componentes principales (CP1, ..., CP7) explican más del 80% de la varianza observada en los mencionados indicadores (Tabla 6), con lo cual se identificó a las variables más relevantes.

<i>Tabla 6: Descripción de los primeros seis componentes principales</i>							
	<i>CP1</i>	<i>CP2</i>	<i>CP3</i>	<i>CP4</i>	<i>CP5</i>	<i>CP6</i>	<i>CP7</i>
<i>Valor propio</i>	10,0152	4,2833	2,7602	2,4140	2,0560	1,8577	1,4725
<i>Proporción</i>	0,3231	0,1382	0,0890	0,0779	0,0663	0,0599	0,0475
<i>Acumulativa</i>	0,3231	0,4612	0,5503	0,6282	0,6945	0,7544	<b>0,8019</b>
<b><i>Propiedades</i></b>							
<i>pH</i>	0,0677	<b>0,3287</b>	0,0362	0,3079	0,0733	0,0414	0,1703
<i>CE</i>	0,1479	0,2112	0,0452	<b>0,3166</b>	0,0069	0,2400	0,0143
<i>Ca<sup>++</sup></i>	0,2155	0,0234	-0,1321	-0,0838	<b>-0,2838</b>	0,0343	0,1935
<i>Mg<sup>++</sup></i>	0,1555	0,1381	-0,0483	<b>0,2180</b>	-0,1086	0,0787	-0,0905
<i>Na<sup>+</sup></i>	0,1490	0,1248	-0,1104	<b>0,3862</b>	0,0500	-0,1663	-0,0748
<i>K<sup>+</sup></i>	0,0927	0,0403	<b>0,3034</b>	0,0446	0,1939	<b>0,3002</b>	0,1533
<i>TBI</i>	<b>0,2503</b>	0,1062	-0,1132	0,1152	-0,2234	0,0497	0,0723
<i>CIC</i>	<b>0,2712</b>	-0,0676	-0,1874	0,0211	-0,1861	0,0166	-0,0180
<i>SB</i>	-0,1123	<b>0,3472</b>	0,1644	0,0869	0,0896	0,1064	0,0463
<i>MO</i>	0,2006	<b>-0,3209</b>	-0,1116	0,0937	-0,0307	0,0656	-0,0460
<i>N<sub>t</sub></i>	<b>0,2314</b>	-0,2275	-0,0647	0,1733	-0,0551	-0,0162	-0,0567
<i>P<sub>t</sub></i>	0,1068	-0,1030	<b>0,4049</b>	-0,2356	-0,0282	0,1202	-0,1226
<i>P<sub>d</sub></i>	0,0585	-0,0028	<b>0,4036</b>	-0,1449	-0,1205	0,1965	-0,2936
<i>Y</i>	0,1795	<b>0,2885</b>	-0,1431	-0,1417	-0,1387	-0,0245	0,0337
<i>L</i>	0,0461	-0,1020	0,1026	0,1074	-0,0380	<b>-0,4911</b>	-0,3116
<i>A</i>	-0,1880	-0,1998	0,0689	0,0643	0,1473	<b>0,3086</b>	0,1509

Calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
<i>Dap</i>	-0,1409	0,2294	<b>-0,2904</b>	-0,1729	0,0773	-0,0047	-0,2783
<i>Dp</i>	-0,1156	0,0006	-0,0395	-0,0600	-0,1370	-0,2398	<b>0,5193</b>
<i>CC</i>	<b>0,2764</b>	0,0931	0,0754	-0,1818	0,0627	-0,0250	0,0164
<i>HE</i>	<b>0,2769</b>	0,0720	0,0589	-0,2330	0,0734	-0,0181	0,0231
<i>PRC</i>	<b>0,2802</b>	0,0928	0,0255	-0,2115	0,0724	-0,0142	0,0283
<i>PMR</i>	<b>0,2798</b>	0,0990	0,0153	-0,2122	0,0666	-0,0132	0,0551
<i>PMP</i>	<b>0,2792</b>	0,0990	0,0120	-0,2127	0,0611	-0,0099	0,0634
<i>POR</i>	0,0958	-0,2307	0,2691	0,1427	-0,1300	-0,0874	<b>0,4730</b>
<i>COA</i>	0,1722	0,0402	0,1579	<b>0,3525</b>	0,0154	0,0951	-0,1753
<i>Col</i>	0,0686	-0,0203	0,3772	0,1103	-0,0017	<b>-0,4222</b>	-0,0405
<i>Acar</i>	0,1029	0,0553	0,0786	0,0370	<b>0,5118</b>	-0,3202	0,0432
<i>Idm</i>	0,0704	0,0205	-0,1666	-0,0306	<b>0,5583</b>	0,0178	0,1647
<i>MOP</i>	0,1353	<b>-0,3640</b>	-0,1470	-0,0059	0,1350	0,0842	0,0208
<i>MBC</i>	0,1095	-0,1841	-0,0905	0,1070	0,1581	<b>0,2072</b>	-0,1244
<i>MBN</i>	0,1861	<b>-0,2355</b>	-0,1381	0,0234	0,1626	-0,0110	-0,0636

De acuerdo a ello las variables que se utilizaron como las indicadoras de calidad más relevantes, fueron CIC, CC, PMP, pH, SB, MO, MOP, P<sub>d</sub>, P<sub>t</sub>, Na<sup>+</sup>, COA, ACAR, Idm, L, D<sub>p</sub> y POR. Sin embargo, también se incluyeron en el análisis 4 parámetros adicionales: MBC, Y (arcilla), Da y Nt, debido a que usualmente son relevantes para la calidad del mismo.

En el análisis de correlación de Pearson, se estableció que las variables serían mantenidas en el SMD sólo si no estaban correlacionadas con otras ( $r < 0,60$ ) (Andrews *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2014); caso contrario eran redundantes y una de cada par correlacionado sería eliminada.

P<sub>d</sub> y P<sub>t</sub> tienen una correlación relativamente alta (0,6976), con lo cual se eliminó P<sub>t</sub>, dado que P<sub>d</sub> tiene un mayor significado.

Lo mismo ocurrió con CC y PMP (0,9435) que tienen una correlación positiva alta. En este caso, se decidió eliminar la redundancia incluyendo más bien al SMD el agua disponible ( $AD=CC-PMP$ ).

Por otro lado, aunque la relación positiva entre pH y SB (0,4938) era inferior a 0,6, se decidió mantener solamente el pH, dado que por definición no son variables independientes.

Igualmente entre MBC y MBN existe correlación (0,60005) por lo que no se tomó en cuenta MBN debido a que el Carbono de la biomasa microbiana es una de las variables más utilizadas en evaluación de calidad biológica de suelo (Sterren et al., 2011).

También la MO y la MOP obtuvieron una correlación alta (0,8082). En este caso, se decidió eliminar MOP dado que no se tienen valores de referencia confiables para este parámetro. Asimismo se decidió manejar la MO como COT por convención.

Finalmente, los indicadores de Idm (Índice de mesofauna) y ácaros presentaron una correlación significativa (0,6175) pero fueron eliminados ambos por falta de información para ponderar sus rangos, además de que no se contaba con información adicional para establecer si los ácaros son benéficos o parásitos. Por la misma razón se eliminó también Idm.

$D_a$  y POR están correlacionadas (-0,9227) por definición. Análogamente,  $D_p$  está relacionada por definición con  $D_a$ . Por estas razones, se eliminó POR y  $D_p$ .

Además se descartó  $Na^+$  porque no se encuentran suelos sódicos acorde a las condiciones de ladera donde se realizó el trabajo y a los valores de los análisis de laboratorio que están en rangos bajos a muy bajos (Laboratorio de Suelos y Aguas) efectos del Sodio sobre la estructura del suelo son más significativos en los altos niveles del pH de suelo (SMART Biblioteca, s/f), por lo cual no es relevante en este estudio porque los niveles de pH en los suelos estudiados son próximos a la neutralidad.

Adicionalmente a todo esto, se realizó un filtro adicional a través de una revisión por expertos (Azero, Cáceres y Ortuño, 2019), para identificar si habían variables que eran poco relevantes para la zona de estudio. Así, definitivamente se mantuvieron en el SMD para incluir en el ICS, los siguientes: CIC, AD, pH, COT, MOP, MBC,  $P_d$ ,  $D_a$ , Y, COA y Nt.

### 3.4 Desarrollo del índice de calidad de suelo

En la Tabla 7 se indican los rangos que se utilizaron para generar las curvas “óptimas”, “más es mejor” y “menos es mejor” de acuerdo a datos estándares y de valoración de expertos.

**Tabla 7: Valores críticos y puntuación de las funciones para los indicadores de suelo**

Indicadores	SSF	L	B	U	B1	O	B2	Referencia
pH	Óptimo	4	-	10	5,3	6,5	7,7	Zhang (2003)
CIC (cmol kg)	Más es mejor	10	15	25				Zhang (2003)
MBC (mb kg <sup>-1</sup> )	Más es mejor	100	200	400				Zhang (2003)
D <sub>a</sub> (gm <sup>-3</sup> )	Menos es mejor	1	1,3	1,7				Mod. Zhang (2003)
P <sub>d</sub> (ppm)	Más es mejor	6	18	25				Lab. SyA UMSS
N <sub>t</sub> (%)	Más es mejor	0,05	0,15	0,3				Lab. SyA UMSS
Arcilla (%)	Óptimo	10	-	50	20	30	40	Zhang (2003)
COT (g kg <sup>-1</sup> )	Más es mejor	5	15	30				Zhang (2003)
AD (%)	Más es mejor	5	12	18				Lab. SyA UMSS

De acuerdo a los expertos por falta de valores referenciales que se puedan tomar y experiencias inexistentes en los parámetros de COA y MOP a pesar que están incluidas en el SMD, se asumió no considerarlos dentro del cálculo del índice de calidad de suelo, asumiendo también que el COT los incluye de alguna manera.

En consecuencia, se trabajó con 9 indicadores, los cuales se ordenaron de acuerdo a su influencia en 3 funciones: resistencia a la erosión (ER), disponibilidad de nutrientes (NA) y ambiente favorable para el desarrollo de las raíces (RS) (Zhang *et al.*, 2003; Fernandes *et al.*, 2011).

$$ER = 0,48D_a + 0,26cot + 0,26Y$$

$$NA = 0,25COT + 0,20pH + 0,25CIC + 0,10P_d + 0,10N_t + 0,10MBC$$

$$RS = 0,20D_a + 0,10Y + 0,10pH + 0,30cot + 0,30AD$$

Los ponderadores de cada indicador se establecieron en base a criterios ya asumidos por diferentes investigadores. La idea consistía en otorgarle un mayor valor en función a su importancia para la función. Así por ejemplo, el COT fue asignado con la mayor ponderación, por su importancia en la disponibilidad de nutrientes. Estos ponderadores se asignaron en un taller de expertos en ciencias del suelo (Azero, Cáceres & Ortuño, 2019).

Posteriormente, también de acuerdo a la valoración de los expertos (Azero, Cáceres & Ortuño, 2019), se utilizó un nuevo sistema de ponderación para construir el ICS, a partir de las funciones antes definidas. Aquí se estableció que la disponibilidad de nutrientes era la función más importante, con 40%, seguida de la resistencia a la erosión y la disponibilidad de un ambiente favorable para el desarrollo de las raíces, ambas con 30%, de la siguiente manera:

$$ICS = 0,30ER + 0,40NA + 0,30RS$$

Con las ecuaciones ya ponderadas, se estimó la calidad de suelo de las 18 parcelas estudiadas en los 3 tipos de manejo: hilera, callejón y testigo o manejo convencional. De acuerdo a los coeficientes generados por las curvas, se obtuvo la puntuación para los 9 indicadores seleccionados de acuerdo al dato observado en los análisis de laboratorio. Después de calificar todos los indicadores de calidad del suelo, las puntuaciones de la función del suelo se determinaron sumando los productos de los pesos numéricos de sus indicadores asociados y las puntuaciones normalizadas de los

## Calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos

parámetros del suelo. Las puntuaciones de la función del suelo se resumieron para obtener un índice general de calidad del suelo.

La Tabla 8 muestra, solamente como ejemplo, la tarjeta de puntuación de la calidad del suelo resultante para la parcela Sac1, considerando las muestras tomadas en las hileras de los árboles. Puede observarse que el ICS para esta parcela, en las hileras, alcanza el valor de 0,68.



Sistemas de conservación-restauración de suelos en agroforestería:  
terrazas de banco, mulch, cultivos de cobertura, barreras vivas, uso de  
leguminosas, manejo de la biodiversidad, todo en la misma parcela  
(Tiquipaya, Cochabamba)

**Tabla 8. Tarjeta de puntuación para el cálculo del ICS**

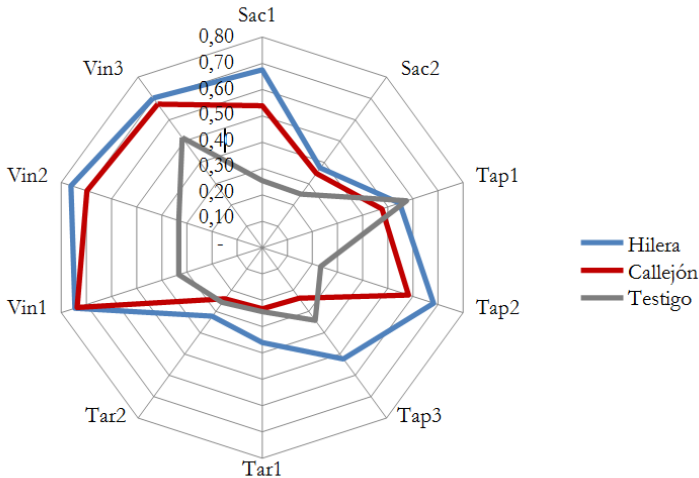
Función del suelo	Ponderación (A)	Indicador de calidad (IC)	Puntuación de (IC) (B)	Valor observado	Valor estandarizado (C)	(B x C)	$\Sigma$ (B x C) (D)	(D x A)	ICS
ER	0,3	Da	0,48	1,25	0,66	0,32	0,67	0,20	0,68
		COT	0,26	25,65	0,91	0,24			
		Y	0,26	19,36	0,43	0,11			
NA	0,4	COT	0,25	25,65	0,91	0,23	0,71	0,29	
		pH	0,2	7,33	0,72	0,14			
		CIC	0,25	13,58	0,35	0,09			
		P <sub>d</sub>	0,1	20,64	0,87	0,09			
		N <sub>t</sub>	0,1	0,25	0,68	0,07			
		MBC	0,1	380,90	1,00	0,10			
RS	0,3	D <sub>a</sub>	0,2	1,25	0,66	0,13	0,65	0,19	
		Y	0,1	19,36	0,43	0,04			
		pH	0,1	7,33	0,72	0,07			
		COT	0,3	25,65	0,91	0,27			
		AD	0,3	11,50	0,43	0,13			

Luego de realizar el mismo ejercicio para todas las muestras de suelo, se tiene los resultados de la siguiente sección.

### 3.5 Evaluación de la calidad de suelo

Se observa en general que las hileras de los árboles tienen una mejor calidad (Figura 2). Esto tiene posiblemente la mayor explicación en el hecho de que las hileras reciben el aporte de residuos de poda de los árboles, en mayor medida que los callejones, y mucho más aún que la agricultura convencional, donde los residuos de cultivo se utilizan como forraje (Azero, 2018; Arce y Azero, 2018).

Figura 2: ICS de las parcelas estudiadas (3 tipos de manejo)



El incremento observado de materia orgánica y la disminución de la densidad aparente puede ser interpretado como el mejoramiento integral del ecosistema agroforestal. En este caso, se beneficia la diferenciación de un horizonte A, que influye decisivamente en las propiedades del suelo (Arce & Azero, 2018). Al respecto existen muchos registros de que la cobertura de rastrojos aumenta el contenido de Carbono en el suelo (Sandoval & Mendoza, 2006).

La buena estructura física y las condiciones químicas adecuadas para la fertilidad en las hileras Vin1, Vin2, Vin3, Sac1 y Tap2 y callejones Vin1, Vin2

y Vin3, se reflejan en el ICS determinado para este suelo, que varió entre 0,67 a 0,76. Conforme los criterios de Karlen & Stott (1994), esos suelos poseen una buena calidad para el cultivo. Por otro lado, ningún suelo con manejo convencional entró en la categoría de buena calidad.

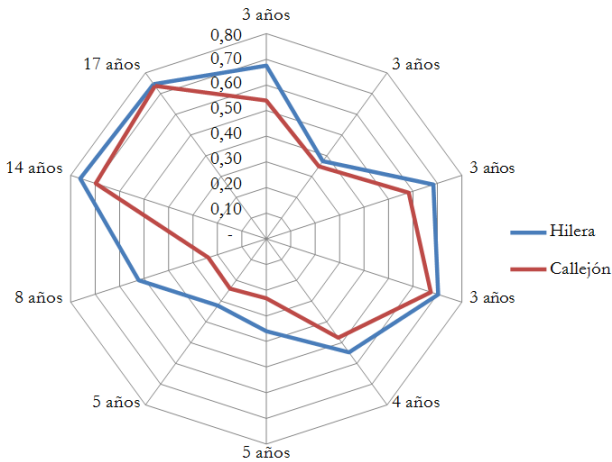
Las hileras Tap1, Tap2 y Tap3, callejones de Tap1, Tap2, Sac1 y los testigos Tap3 y Vin3 presentaron valores moderados de calidad de suelo con valores de los ICS entre 0,48 a 0,58.

Por último, las hileras Tar1, Tar2 y Sac2, los callejones Tar1, Tar2, Tap3 y Sac2 y los testigos Vin1, Vin2, Tar1, Tar2, Tap2, Tap3, Sac1 y Sac2, tenían una calidad baja, con un ICS que varió entre 0,23 y 0,37.

*Análisis por edad de la parcela SAF*

Analizando la Figura 3, no se observa un patrón claro en el efecto de la edad sobre la calidad del suelo de hileras y callejones. Se observó claramente las diferencias entre manejos (hilera-callejón) de acuerdo al lugar, el tiempo de implementación y predisposición del agricultor. Las parcelas de mayor edad (Vin1 y Vin2) fueron las que mejor calidad de suelo presentaron, en especial en la hilera de árboles (0,75-0,76), seguidas muy de cerca por sus callejones con un ICS de 0,74 y 0,70 respectivamente.

*Figura 3: Diferencias de los ICS por edad de los SAF*



## Calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos

Durante todo el período, 3 a 17 años, las hileras tuvieron una mayor calidad que los callejones. Esto sugiere que el manejo agroforestal de las hileras de árboles produce el mejoramiento de suelos en relación a los callejones, desde los primeros años.

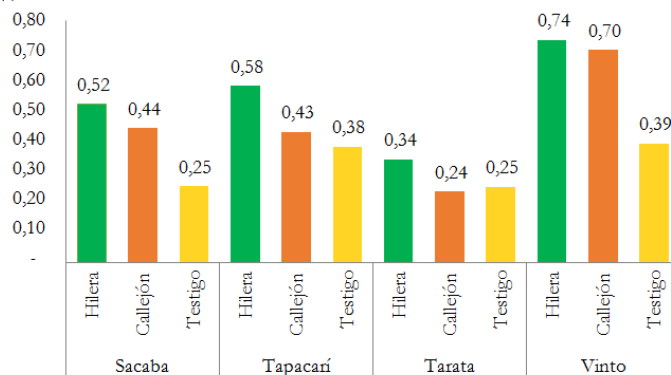
Por otro lado, es posible también que la presencia de árboles en las hileras genere alguna diferencia, por ejemplo, en control de la erosión, en el clima edáfico, en la tasa de mineralización de la materia orgánica, entre otros aspectos, que conduzcan a que las hileras tengan un balance de Carbono más positivo.

### Análisis por municipio

Por otro lado, se observó que los SAF aportaron en la mejora de la CS en las diferentes condiciones geográficas de los municipios (Figura 4). Existen diferencias notables entre municipios, sin embargo, todos muestran una acumulación creciente de calidad en el sentido convencional-callejón,-hileras. Lo anterior también sugiere que existen condicionantes ambientales y de manejo propias de cada lugar, que son importantes en la mejora de la calidad del suelo, pero no más que la propia presencia del sistema agroforestal.

El municipio con mejor calidad de suelos fue Vinto, donde se encontraban también las parcelas SAF más añosas, con 14 y 17 años. En términos de municipios, es seguido por Tapacarí, Sacaba y Tarata lo que puede estar indicando un manejo diferente de la parcela SAF en comparación al resto.

Figura 4: Diferencias en los tres manejos por municipio



#### 4. Conclusiones y recomendaciones

Se seleccionaron 10 parcelas SAF y sus correspondientes parcelas testigo, en cuatro municipios de Cochabamba. Se aplicaron criterios de selección muy básicos para definir los estudios de caso de parcelas agroforestales. Los criterios de selección fueron que tenían que ser sistemas agroforestales biodiversos, que incluyan entre las especies leñosas, árboles frutales y árboles acompañantes diversos (nativos y exóticos, leguminosas o no, maderables, aromáticos, ornamentales, etc.) y que sean sistemas apropiadamente manejados de acuerdo a las recomendaciones de las instituciones locales que los promueven. Las parcelas convencionales simplemente se eligieron por su vecindad a la parcela agroforestal, para asegurar que las condiciones de clima, topografía, paisaje, suelos, manejo, riego, entre otros, fueran muy similares. Entre los sistemas agroforestales habían diferencias muy marcadas: algunas no tenían riego, la diversidad de especies leñosas era muy dispar, la altitud, topografía, pendiente, clima, cultivos principales, etc. eran diferentes entre ellas. Los sistemas convencionales también eran variables entre ellos: variaban los cultivos, las rotaciones, algunas estaban en descanso, otras no, el manejo era distinto, etc. Se cuidó las similitudes entre pares agroforestal-convencional, por municipio, pero ningún otro aspecto más. Lo que implica una gran variabilidad en los pares de parcelas estudiadas.

Se determinaron 31 variables edáficas (11 químicas, 12 físicas, y 8 biológicas) que se utilizaron para un análisis amplio entre los sistemas SAF y convencionales.

Como conclusión general de los indicadores individuales, se puede afirmar que los sistemas agroforestales mejoraron los indicadores más importantes de calidad de suelos, tomando como testigo a los sistemas convencionales. Parámetros como el contenido de carbono orgánico del suelo y sus componentes materia orgánica particulada o carbono orgánico activo, fueron estadísticamente superiores. Los parámetros físicos fueron abrumadoramente superiores, la densidad, la porosidad y los parámetros hídricos.

Los contenidos de materia orgánica edáfica y los parámetros físicos son vitales en referencia a la resiliencia del suelo ante la sequía, la cual se constituye en una amenaza importante de la zona andina. Fruto de esto, los suelos pueden captar mejor las precipitaciones o el agua de riego, y almacenarla en el perfil del suelo en mayor medida. Esto concuerda con las

afirmaciones de agricultores agroforestales en relación a que los suelos son menos duros y el agua de riego “dura más” en ellos, es decir, pueden disminuir la frecuencia de riego.

La mayor parte de los pares agroforestal/convencional fueron sistemas bajo riego. Solamente uno de ellos fue a secano, justamente el sistema de mayor edad. En este último sistema, se vio la mayor acumulación de materia orgánica en términos absolutos, e igualmente la mayor distancia entre el sistema agroforestal y el sistema convencional. Esto podría estar sugiriendo que la presencia del riego no es vital en la recuperación de la materia orgánica del suelo.

Del análisis de los Índices de Calidad de Suelos se pudo observar que en todos los municipios los suelos agroforestales fueron superiores a los convencionales. Es decir, en diferentes condiciones altitudinales, climáticas, topográficas e incluso socioeconómicas, la diferencia fue consistente, lo cual parece sugerir que es la práctica agroforestal la variable más relevante en relación a las otras diferencias.

En relación a la edad de los sistemas agroforestales, no se percibió una diferencia clara, que permita concluir que a mayor edad existiría una mayor mejora. Las diferencias se manifestaron inclusive en parcelas de solamente 3-5 años, sugiriendo que los cambios no se observan necesariamente en el largo plazo, sino que es probable registrarlos a mediano o corto plazo.

El presente estudio comparó parcelas SAF con parcelas testigo, con el fin de estimar los posibles cambios aquí atribuidos al sistema productivo. Pero consideramos que sería importante realizar estudios longitudinales, para observar los cambios en las mismas parcelas SAF a través del tiempo.

Sería interesante realizar un estudio económico que pueda determinar los cambios a nivel productivo que acompañan a estos cambios biofísicos de calidad de suelos.

A partir de estos estudios de recuperación de la calidad de los suelos, los cuales son la base de la producción de alimentos y de ingresos en las zonas agrícolas, sería importante que los gobiernos municipales evalúen la posibilidad de implementar SAF o bien sistemas basados en los principios de la agroforestería, para generar una estrategia de restauración y de producción regional.

## 5. Referencias

Agal, E., Rodriguez, N., Vidal, I., & Maureira. (2003). Biomasa microbiana por los métodos reactivo nitrógeno ninhydrina y absorbancia ultravioleta (uv280) en distintos sistemas de cultivo. R.C. Suelo Nutr. Veg. vol.3, no.1, p.17-28. ISSN 0718-2791. Recuperado el 1 de Febrero de 2019, de [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0718-27912003000100003&script=sci\\_arttext](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0718-27912003000100003&script=sci_arttext)

Alegre, J.; García, S.; Vega, R.; Arévalo, Y. (2015). Manual reciclaje de nutrientes en sistemas agroforestales. Recuperado el 29 de Octubre de 2018, de [https://www.researchgate.net/publication/323839692\\_MANUAL\\_RECICLAJE\\_DE\\_NUTRIENTES\\_EN\\_SISTEMAS\\_AGROFORESTALES](https://www.researchgate.net/publication/323839692_MANUAL_RECICLAJE_DE_NUTRIENTES_EN_SISTEMAS_AGROFORESTALES)

Altieri, J. G., & Farreli, M. A. (s.f.). Sistemas Agroforestales. Obtenido de [https://socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemasagroforestales\\_m.a.\\_altieri.pdf](https://socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemasagroforestales_m.a._altieri.pdf)

Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Cambardella, C. A. (2004). The Soil Management Assessment Framework. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 1945. doi:10.2136/sssaj2004.1945

Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Mitchell, J. P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90(1), 25–45. doi:10.1016/s0167-8809(01)00174-8.

Arce, A. & Azero, M. (2018). Evaluación de la calidad de suelo en sistemas agroforestales dinámicos versus sistemas convencionales en el semiárido de Cochabamba - Bolivia. En Azero, M. Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba (págs. 105-132). Universidad Católica Boliviana San Pablo. Editorial Kipus.

Azero, M. (2016). Documento Propuesta Proyecto PIA-ACC: Desarrollo de un modelo y una metodología para la implementación de sistemas agroforestales dinámicos a partir de procesos participativos en la zona seca de Cochabamba. Universidad Católica Boliviana San Pablo, COSUDE.

Azero, M., Cáceres, A., & Ortuño, N. (31 de Enero de 2019). Grupo focal de revisión de indicadores de calidad de suelo, rangos adecuados y ponderaciones a las ecuaciones del índice de calidad de suelo.

Azero, M. (2018). Elementos para el diseño e implementación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba, Bolivia. En Azero,

M. Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba (págs. 105-132). Universidad Católica Boliviana San Pablo. Editorial Kipus.

Bugarín, Dr. J. I. Bojórque, Dr. C. Lemus, Ms.C. R. M. Murray, H. Ontiveros, y Dr. J. Aguirre, Dr.C. A. Hernández. (Junio de 2010). Comportamiento de algunas propiedades físico-químicas del suelo con diferente sistema silvopastoril en la llanura norte de Nayarit. Recuperado el 22 de Octubre de 2018, de Cultivos Tropicales: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000200007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000200007)

C. A. Cambardella & E. T. Elliott. (1992). Participate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland. Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de <file:///F:/cambardella1992%20materia%20organica%20particulada.pdf>

Cairo, P.; Vargas, S.; Díaz, B.; Nodal, E.; Torres, P.; Jiménez, R.; Dávila, A.; Rodríguez, O. y Rodríguez, A. (2008). Influencia del manejo de los suelos Pardos Sialíticos sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas bajo condiciones de producción ganadera y agrícola. En: Memorias II Taller Nacional de fertilidad de los suelos de la ganadería. Departamento de Pastos y Forrajes. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

Chepstow Lusty, A. y M. Wienfield. (2000). Inca agroforestry: lessons from the past. *Ambio* Vol. 29 N° 6.

Fernandes, J. C., Gamero, C. A., Rodrigues, J. G., & Mirás-Avalos, J. M. (2011). Determination of the quality index of a Paleudult under sunflower culture and different management systems. *Soil and Tillage Research*, 112(2), 167–174. Recuperado el 13 de Diciembre de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198711000146>

Fronning, B. E., Thelen, K. D., & Min, D.-H. (2008). Use of Manure, Compost, and Cover Crops to Supplant Crop Residue Carbon in Corn Stover Removed Cropping Systems. *Agronomy Journal*, 100(6), 1703 . Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de <file:///F:/fronning2008%20materia%20organica%20particulada.pdf>

Gilsanz, J.C. & Peralta, G. (2015). A1-172 Determinación de carbono activo en suelos bajo diferentes situaciones productivas en Uruguay. Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de INIA Las Brujas, Programa Nacional de Producción y Sustentabilidad Ambiental. Ruta 48, Km. 10, Rincón del Colorado, C.P.: 92000, Canelones, Uruguay: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52665/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52665/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1)

ICRAF, C. M. (2016). Sistemas agroforestales como mecanismo de adaptación al cambio climático. Recuperado el 30 de Octubre de 2018, de [https://ccafs.cgiar.org/es/webinar-sistemas-agroforestales-como-mecanismo-de-adaptacion-al-cambio-climatico#.W\\_djeugzZPY](https://ccafs.cgiar.org/es/webinar-sistemas-agroforestales-como-mecanismo-de-adaptacion-al-cambio-climatico#.W_djeugzZPY)

IPCC, I. P. (2014). Climate Change 2014. Recuperado el Octubre de 2018, de Impacts, Adaptation, and Vulnerability: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure_FINAL.pdf)

Karlen, D. L., & Stott, D. E. (1994). A Framework for Evaluating Physical and Chemical Indicators of Soil Quality. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Recuperado el 30 de Noviembre de 2018, de <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/sssaspecialpub/definingsoilq ua/53?access=0&view=pdf>

Laboratorio S & A, L. d. (s.f.). Normas de interpretación de análisis químico de suelos para manejo de fertilidad y clasificación. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018

Liu, Z., Zhou, W., Shen, J., Li, S., He, P., & Liang, G. (2014). Soil quality assessment of Albic soils with different productivities for eastern China. *Soil and Tillage Research*, 140, 74–81. Recuperado el 28 de Diciembre de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198714000324>

Mariño, Y. (2006). Evaluación del punto de marchitez permanente bajo condiciones de invernadero como variable para la asignación de clones de *Gmelina arborea* (Roxb) a sitios potenciales de plantación. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana. Bogota, D.C.: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8947/tesis93.pdf?sequence=1>

Masto, R. E., Chhonkar, P. K., Singh, D., & Patra, A. K. (2007). Soil quality response to long-term nutrient and crop management on a semi-arid Inceptisol. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 130–142. doi:10.1016/j.agee.2006.05.008. Recuperado el 28 de Enero de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880906001654>

Mathez-Stiefel, S. (2016). Agroforestería para la adaptación al cambio climático en los Andes: aprendiendo de los conocimientos locales. Recuperado el 5 de Octubre de 2018, de Policy Brief No.36. ICRAF: Lima, Perú: [www.icrafamericalatina.org](http://www.icrafamericalatina.org)

Molina, E. (s.f.). Análisis de suelos y su interpretación. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

NRCS, E. N. (2011). Particulate Organic Matter. Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de SoilQuality.org: <http://soilquality.org/indicators/pom.html>

Sinha, N. K., Chopra, U. K., & Singh, A. K. (2013). Cropping system effects on soil quality for three agro-ecosystems in India. *Experimental Agriculture*, 50(03), 321–342. doi:10.1017/s001447971300046x

Obi, J. C., Awonuga, A. O. & Umeojiakor, A. O. (2010). Spatial dependence of some physical properties of a typic plithaqualf on the basement complex in southwestern Nigeria. *Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension* 9:38–46.

Rosas Patiño Gelber, Rodríguez Pérez Wilson y Muñoz Ramos Jader. (2012). Caracterización edafológica de lomeríos bajo sistema agroforestal y rastrojo en el Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual, Caquetá- Colombia. Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de Grupo de Investigación en Geociencias, Universidad de la Amazonía, Florencia, Colombia: <https://www.udla.edu.co/revistas/index.php/momentos-de-ciencia/article/view/242/0>

Sandoval A. & Mendoza J. (2006). Identificación de los arreglos de los sistemas agroforestales en el paisaje terrestre protegido de miraflores moropotete esteli. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de Universidad Nacional Agraria, Nicaragua: <http://repositorio.una.edu.ni/1088/1/tnf08s218.pdf>

SMART Biblioteca. (s.f.). Suelos Sódicos y Su Manejo. Recuperado el 28 de Enero de 2019, de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/sodic-soils>

Socarrás Rivero, Ana e Izquierdo Brito, Irma. (2016). Variación de los componentes de la mesofauna edáfica en una finca con manejo agroecológico. Recuperado el 29 de Octubre de 2018, de Pastos y forrajes, Scielo: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942016000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000100006)

Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA. Carretera de Varona km 3 ½, Capdevila, Boyeros, CP 10800, La Habana, Cuba: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942013000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100001)

Sterren, M. A., Benintende, M. C., & Benintende, S. M. (2011). Relación entre el carbono de la biomasa microbiana y el pool de carbono lábil extraído en muestras fumigadas en suelos de la provincia de entre ríos. Recuperado el 23 de Enero de 2019, de [http://www.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%2015/rca\\_15\\_1-2\\_pdf/RCA\\_187\\_OFICIO\\_final.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%2015/rca_15_1-2_pdf/RCA_187_OFICIO_final.pdf)

Tamayo, C. (2009). Metodología para calcular el índice de calidad de suelo. Caso de estudio. Guayaquil.

Veihmeyer, F & Hendrickson, A. (1948). Soil density and root penetration. *SoilScience* 65(6), 487-493.

Vidal, I., Etchevers, J., & Fischer, A. (1997). Biomasa microbiana en un suelo sometido a diferentes manejos de labranza y rotación. *Agricultura técnica* 57 272-281 AGRIS 1998- 077720. Recuperado el 2018

Zhang H, Z. G. (2003). Systematic assessment of soil quality at farm level in tropical area of China. *Acta Pedologica Sinica* 40(2), 186–193.

*Jorge D. Saavedra Goytia*<sup>1</sup> / *Mauricio Azero Alcocer*<sup>2</sup>

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes en sistemas agroforestales dinámicos de bioclima xérico

## Relationships between productive trees and accompanying trees in dynamic agroforestry systems of xeric bioclimate

Versión actualizada del capítulo denominado “Relaciones árbol – árbol entre productores y acompañantes de sistemas agroforestales dinámicos de bioma tropical estacionalmente seco” publicado en: Azero Alcocer, M. (Ed.). 2018. Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba Diez estudios de caso de las comunidades de Rodeo (Sacaba), La Maica (Tarata), Aramasí (Tapacarí), y Combuyo y Pairumani (Vinto). Universidad Católica Boliviana San Pablo. Editorial Kipus.

---

<sup>1</sup> Jorge Daniel Saavedra Goytia. Estudiante de Ingeniería Ambiental y miembro del Grupo de Investigación en Agroecología y Gestión de Suelos, en la Universidad Católica Boliviana San Pablo, Cochabamba.

<sup>2</sup> Mauricio Azero Alcocer. Ing. Agr. de la Universidad Nacional del Sur (Argentina). Postgrado en la Universidad Federal de Vicosa (Brasil), Pontificia Universidad Católica (Chile) y Universidad Internacional de Andalucía (España). Docente investigador de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Boliviana San Pablo y la Universidad Simón I. Patiño, Cochabamba. Consultor en el área de gestión sostenible de suelos y agroforestería.

## 1. Introducción

Los valles de la zona central del departamento de Cochabamba, al ser valles interandinos y cordilleranos, tienen un bioclima xérico. Esto significa que las temporadas de lluvia son escasas y están restringidas a un corto período del año, dando como resultado una estación seca muy larga (Navarro, 2018). Por ello la producción de la zona es muy susceptible al clima. Asimismo, al ser una zona relieve ondulado, los terrenos productivos son propensos a la erosión. Por estas razones –entre otras- se propuso, a modo de estrategia de conservación del suelo y agricultura sostenible, la agroforestería como alternativa de producción.

La agroforestería es un conjunto de técnicas de manejo y sistemas de producción agropecuaria que se encuentran secuencialmente y en combinación con la aplicación de prácticas de conservación del suelo (FAO, 1999). Estos sistemas intentan imitar a un bosque natural creando ecosistemas que permitan una producción sostenible (Vidal y Vargas, 2013; Mendieta y Rocha, 2007).

Los sistemas agroforestales pueden incluir árboles frutales y forestales, cultivos agrícolas o pastizales para ganado (Vidal y Vargas, 2013; Mendieta y Rocha, 2007). El enfoque agroforestal dinámico se basa en una serie de principios (Stadler-Kaulich, 2018): (1) la diversidad de especies, (2) la elevada densidad de plantación y (3) el manejo de la poda que permite la convivencia entre las especies productivas y las especies acompañantes. Principios adicionales han sido propuestos por Vargas (2018): (4) la presencia de estratos y una sucesión ecológica en la parcela, (5) la cobertura permanente del suelo, (6) la elevada actividad biológica, (7) la minimización de la remoción del suelo, (8) la solubilización de minerales y el equilibrio nutricional de las plantas, (9) el alto flujo de energía en la parcela, (10) la convivencia armónica entre plantas, microorganismos y fauna (incluido al ser humano), y (11) el mejoramiento sostenido de la fertilidad de los suelos. Dos principios más son sugeridos por Azero (2018): (12) la existencia de uno o más *cash crops*, que conformen el núcleo del sistema productivo en el aspecto económico, y (13) la interacción de al menos dos subsistemas, tal como el forestal con el agrícola, la agricultura con la ganadería, la ganadería con la forestación, etc., es decir, establecer sistemas integrados.

Los sistemas agroforestales dinámicos estudiados en la presente investigación, están divididos en hileras y pasillos. Las hileras son filas de especies leñosas, tanto frutales como acompañantes. Los árboles –o

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

arbustos- acompañantes tienen distintas funciones: producir madera, leña, forraje, productos medicinales, flores, etc., o bien apoyar al sistema a través de alguna función ecológica, tal como el control de plagas o el mejoramiento de la fertilidad del suelo... Los pasillos son espacios entre hileras donde se siembran cultivos también bajo principios de la agroecología. En cada parcela se incluyó un frutal principal; en los casos estudiados, este árbol productor es el manzano.

Entonces, un sistema agroforestal es fundamentalmente una comunidad vegetal. Como en toda comunidad vegetal, todos los individuos están relacionados entre sí, directa o indirectamente, y son afectados por estas relaciones de forma positiva o negativa (Stadler-Kaulich, 2016; Farfán, 2014; Farrell y Altieri, 2014; Saiz, 2014; Alcaraz, 2013; ASPB, 2013; Verdú *et al.*, 2010; Verdú, 2008). El conjunto de relaciones planta-planta forma redes complejas de interacción (Saiz, 2014; Verdú y Valiente-Banuet, 2008).

Existe una gran complejidad de relaciones entre plantas; a través del aporte que realizan al medio (Farrell y Altieri, 2014), relaciones alelopáticas (Acosta, 2015; Oliveros-Bastidas, 2008), relaciones micorrízicas (ASPB, 2013), entre otras. Por ello hay numerosos métodos científicos para su estudio, desde biológicos como la dendroecología (García-Cervigón, 2015) hasta químicos como la alelopatía (Oliveros-Bastidas, 2008).

En general, la rama de la biología que estudia las interrelaciones en una comunidad vegetal se denomina fitosociología (Imaña *et al.*, 2014; Alcaraz, 2013). Por lo tanto, siguiendo un enfoque fitosociológico, en el presente trabajo se intentará establecer algunas relaciones árbol-árbol en sistemas agroforestales haciendo uso de herramientas biológicas, como la dendrocronología, y de herramientas estadísticas de población.

El estudio se basa en la premisa que afirma que las comunidades ecológicas están ensambladas en redes complejas de interacción positivas y negativas, denominadas relaciones de facilitación y competencia respectivamente (Verdú *et al.*, 2010; Verdú, 2008). Las relaciones de facilitación pueden asegurar la sobrevivencia y mejorar el desarrollo y producción de especies o individuos en un sistema forestal. Mientras las relaciones de competencia pueden dificultar el desarrollo de algún individuo o población (ASPB, 2013; Stadler-Kaulich, 2013; López y Altésor, 2010; Verdú *et al.*, 2010; Verdú, 2008; Verdú y Valiente-Banuet, 2008; Gómez-Aparicio *et al.*, 2004).

En las relaciones de facilitación, una o varias especies nodrizas son las que ayudan en el desarrollo y subsistencia de otras especies beneficiadas. Estas

nodrizas suelen ser generalistas y las especies más abundantes en la comunidad vegetal (ASPB, 2013; Verdú y Valiente-Banuet, 2011; López y Altésor, 2010; Verdú, 2008; Verdú y Valiente-Banuet, 2008; Gómez-Aparicio et al., 2004).

Por otra parte, la relación de facilitación suele darse en función a la lejanía filogenética de los árboles que interactúan, ya que a menor número de necesidades comunes, menor competencia y mayor facilitación. Así también, las relaciones de facilitación se acentúan bajo condiciones ambientales severas, como sequías; llegando a prevalecer sobre las relaciones de competencia (Saiz, 2014; Verdú y Valiente-Banuet, 2011; Brooker y Callaway, 2009; Verdú, 2008; Verdú y Valiente-Banuet, 2008; Tirado 2003).

Debido al limitado conocimiento sobre las redes complejas de interacción en comunidades vegetales multi-específicas (Saiz, 2014; Verdú y Valiente-Banuet, 2008), el presente trabajo buscará establecer una metodología para su estudio en sistemas agroforestales de bioclima xérico. De esta manera, se intentará definir si hay relaciones relevantes y el tipo de relaciones que existan, de facilitación o competencia, entre los árboles acompañantes y los árboles productivos (manzanos). Con este enfoque será posible diseñar de manera más eficiente los sistemas agroforestales, con el fin de mejorar la producción y la conservación del suelo, y así desarrollar estrategias de adaptación al cambio climático (ITDG, 2008).

## 2. Metodología

El objeto de estudio fueron las especies productivas principales de los sistemas agroforestales (manzanos) y el objetivo fue estudiar cómo son influenciadas por las especies acompañantes en su desarrollo y producción. Por lo que la metodología fue enfocada principalmente en el desarrollo de los manzanos y el muestreo se realizó en base a su población dentro de los sistemas agroforestales.

Se estudiaron nueve parcelas en las localidades de Tapacarí (3), Vinto (2), Sacaba (2) y Tarata (2). Todas las parcelas se encuentran en valles interandinos y cordilleranos del departamento de Cochabamba, Bolivia; por lo que tienen un bioclima xérico. La especie productora común, como ya se mencionó, es el manzano. Por estas razones se lo tomó como árbol productor principal para el estudio, y se consideraron similares las condiciones climáticas y de adaptación.

En primera instancia, para determinar la relación entre los manzanos y sus acompañantes, se estableció una variable que refleje el desarrollo de los árboles y una serie de variables que reflejen las características de los acompañantes. Posteriormente se aplicó una prueba de independencia estadística entre dichas variables; la dependencia entre la variable de desarrollo y alguna otra variable, indicaba algún tipo de relación.

En las pruebas donde se encontró una relación entre árboles, se aplicó un estadístico para evaluar el grado de dependencia y, en consecuencia, el nivel de relación. Al final, se aplicó otra prueba estadística más, para analizar el tipo de dependencia entre las categorías de las variables y así definir el tipo de relación entre productor y acompañante; si la relación es de facilitación o de competencia. Se consideró árbol acompañante a toda estructura vegetal leñosa en un rango de 1,50 m alrededor del árbol productor a muestrear.

Las variables deben tener ciertas características exigidas por las pruebas estadísticas. Deben ser nominales categóricas, con por lo mínimo dos categorías; aunque lo óptimo es que cada una tenga más de dos categorías. Además, deben agrupar los datos de manera que, al hacer una tabla de contingencias, cada casilla espere una frecuencia superior a 5 en más del 20% de los datos. De otra manera la prueba de independencia no sería válida pues se observaría una falsa dependencia ocasionada por escasez de datos (Montanero, 2011; Barón y Téllez, 2009).

En base a estas exigencias se establecieron las variables (ver tabla 1). La aplicación del método no se restringe sólo a estas variables, puede aplicarse a otras que cumplan las condiciones necesarias.

<b>Tabla 1. Descripción de Variables</b>		
<b>Variable</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Índice de Desarrollo Vegetal (IDV)	Bajo	El IDV es determinado tanto para Productores como Acompañantes. El indicador está basado en principios Dendrocronológicos (DC) y categorizado según la distribución normal del indicador DC.
	Medio	
	Alto	
Presencia	Hay	La variable es aplicada sólo en acompañantes. Indica si hay acompañantes o no.
	No hay	
Abundancia	1 – 2	La variable es aplicada sólo en acompañantes. Indica si no hay acompañantes, si hay entre 1 y 2 acompañantes, o igual o más de 3.
	≥3	
Distancia	A: 0,01 - 0,50 m	Aplicado sólo a acompañantes, indica a qué distancia están los acompañantes. Especialmente el acompañante más cercano. Se categoriza según los rangos de distancia establecidos.
	B: 0,51 - 1,00 m	
	C: 1,01 - 1,50 m	
Especie	Según la especie acompañante	Las categorías son cada especie acompañante.
Origen	Nativa	Otras variables que agrupen diferentes
	Exótica	

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

Deciduo	Decidua	características de los árboles acompañantes en diferentes categorías.
	Semidecidua	
	Siempreverde	
Leguminoso	Leguminosa	
	No leguminosa	
Productor o Forestal	Frutal	
	Forestal	
Macrofoliado o Microfoliado	Macrofoliado	
	Microfoliado	

Fuente: Elaboración propia

El IDV está basado en indicadores dendrocronológicos (Navarro, 2018). La Dendrocronología es una ciencia que analiza los anillos formados anualmente en troncos de árboles leñosos durante el desarrollo vegetal. Dichos anillos reflejan el desarrollo vegetal de una planta leñosa dicotiledónea y son directamente afectados por algunas características del medio, como se explicará a continuación (UACH, 2003).

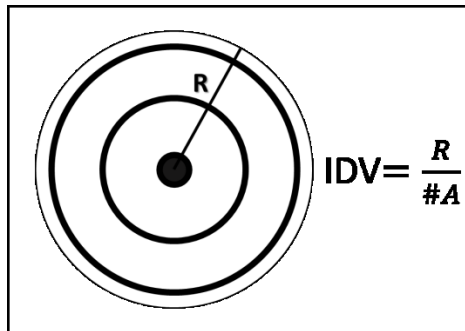
El crecimiento de los árboles leñosos en general está dado por la actividad de dos tejidos, los meristemas primarios y secundarios. Los primarios están encargados de la altura y los secundarios del grosor. Al meristema secundario se le denomina cambium, y forma una capa fina de células que envuelve al tronco, ramas y raíces. Este produce capas sucesivas de xilema por la parte interna y floema por la parte externa (Gutiérrez, 2008; UACH, 2003). El xilema, que significa madera, es un tejido leñoso que proporciona soporte mecánico y conduce sales de forma ascendente. El floema es un tejido vascular que conduce, de forma ascendente y descendente, azúcares y otros nutrientes sintetizados desde los órganos que los producen hacia otros que los consumen y almacenan (González, s.f.).

La actividad del cambium es muy sensible a los factores ambientales y la variabilidad en ellos, por lo que las condiciones y cambios en el medio quedarán reflejados y evidenciados en el tronco y su grosor. Por ejemplo, al principio del verano la producción de estas células es rápida, abundante y vigorosa, sin embargo, al disminuir las lluvias y bajar la temperatura, la velocidad de formación disminuye. Esta diferencia en el ritmo de crecimiento de células forma anillos cada año, que reflejan la edad y algunas condiciones ambientales a las que fueron expuestos los árboles (Gutiérrez, 2008).

Para calcular el IDV, se tomó una sección de una rama de cada árbol muestreado. La sección era un corte transversal de alrededor de 1 cm de diámetro y fue catalogada según el árbol obtenido para ser enviada a laboratorio. En laboratorio se midió el diámetro con calibre y se pulió con lija la parte a observar para hacer notorios los anillos. Con ayuda de una lupa o estéreo-microscopio se contaron los anillos (UACH, 2003). El diámetro se dividió entre dos para sacar un estimado del radio de la rama.

Se dividió el radio de la rama entre los anillos de la misma, de manera que se reflejó, aproximadamente, el crecimiento de radio de rama por año. La relación (radio / # anillos) definió el desarrollo de cada individuo muestreado. Sin embargo, este IDV es una variable cuantitativa, por esto se tuvieron agrupar los datos en rangos o categorías con el fin de obtener una variable cualitativa; ya que las pruebas estadísticas que se aplicaron exigen este tipo de variable. Como la edad y las características de suelo, manejo y clima varían entre parcelas, la categorización se realizó comparando el desarrollo de los árboles dentro de una misma parcela agroforestal.

*Figura 1: Obtención del IDV*



Fuente: Elaboración propia

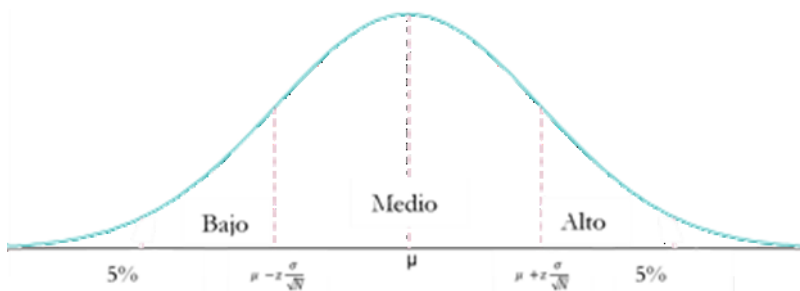
La categorización se basó en el Teorema del Límite Central. Que indica que, si una muestra es lo suficientemente grande (más de 30 individuos), los datos tienden a un promedio central, adoptando una distribución Normal. La distribución Normal puede aplicarse también si se conoce la desviación típica ( $\sigma$ ) de la población. Caso contrario debe aplicarse la distribución t-Student (para comparar, se categorizaron los datos según las distribuciones Normal y t-Student, los resultados tuvieron más del 95% de similitud, por lo tanto, el procedimiento no se vio afectado). Este principio se aplicó a los

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

datos de IDV de los árboles en cada parcela (Montanero, 2011; Barón y Téllez, 2009).

Calculando el intervalo de confianza con el 90% de probabilidad de que la media se encuentre dentro de un rango de datos, se establecieron las categorías. Los datos encontrados en el intervalo de confianza se categorizaron como desarrollo Medio. Los datos por encima del intervalo se categorizaron como desarrollo Alto y los datos por debajo se categorizaron como desarrollo Bajo.

Figura 2: Distribución Normal de datos y categorización del IDV



Fuente: Elaboración propia en base a gráfico de vitutor.net

Debido a las condiciones que plantea el Teorema del Límite Central, fue necesario que en cada parcela se tome una muestra de 31 o más individuos (manzanos). Donde la población era menor, se tomó el 100% de la población de manzanos y se calculó el  $\sigma$  del IDV. El muestreo fue al azar. Los datos fueron registrados en tablas para el análisis estadístico. Toda la estadística fue realizada en el programa SPSS.

Para analizar la dependencia entre dos variables se realizó la prueba de independencia de Chi-cuadrado de Pearson ( $X^2$  de Pearson). Esta prueba determina si hay asociación entre dos variables de dos o más categorías cada una, a través de la correlación en una tabla de contingencias. Entonces, se contraponen la variable del desarrollo del árbol productor, con cada una de las variables de los acompañantes.

En la tabla de contingencias, si menos del 20% de los datos esperaron un recuento menor a 5, se debe discriminar datos o aumentar el tamaño de la muestra; de manera que no haya casillas que esperen un recuento menor a 5, para que la prueba de  $X^2$  sea válida (Díaz, 2012). Discriminar datos implica no poder analizar la relación con una de las categorías, pero la prueba sigue

siendo válida con las categorías disponibles. Una vez calculado el  $X^2$  de Pearson, si el valor de significancia era menor al 5% (0,05), había una dependencia, consecuentemente, una relación.

En base a la significancia de la prueba  $X^2$  de Pearson se calculó el Coeficiente  $V$  de Cramer (Ec. 1), para establecer el grado de asociación entre variables.

$$V = \sqrt{\frac{X^2}{n(k-1)}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde  $V$  es el Coeficiente de Cramer,  $X^2$  la significancia en la prueba  $X^2$  de Pearson,  $n$  el tamaño de la muestra y  $k$  el menor número de filas o columnas en la tabla de contingencias.

El coeficiente  $V$  oscila entre 0 y 1, lo que facilita la interpretación del grado de asociación. Un valor menor a 0,3 indica una asociación baja, entre 0,3 y 0,5 es una asociación media y por encima de 0,5 una asociación alta (Trueba *et al.*, 2017; Molina y Rodrigo, 2010; UGR, 2005; Molinero, 2004).

Una vez identificadas las variables que tengan dependencia y calculado el grado de asociación, se procedió a un Análisis Factorial de Correspondencia Simple (AFCS). El resultado es un gráfico que refleja la relación entre categorías de variables, según la cercanía de puntos en el área delimitada.

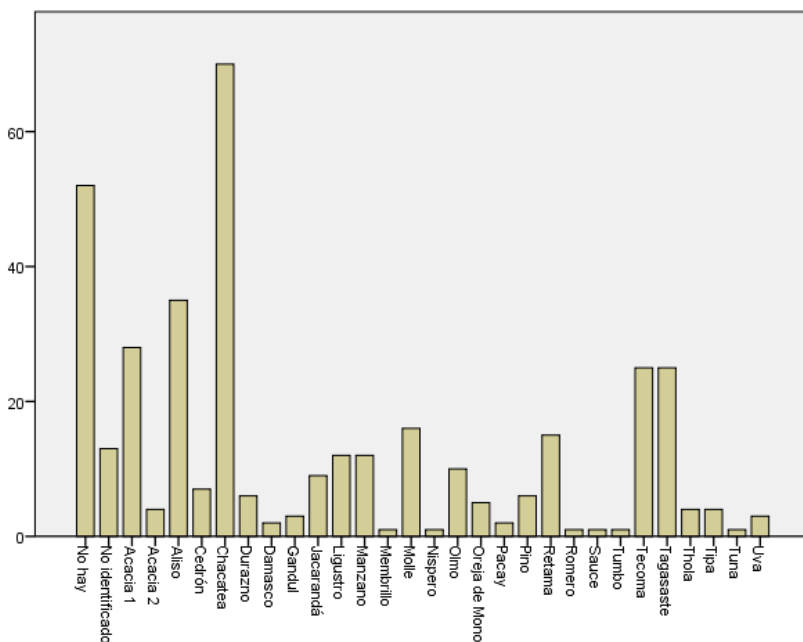
En el gráfico, cada color representa una variable, cada punto una categoría. Si el punto de un color está junto al punto de otro color, hay relación entre dichas categorías. Este análisis requiere por lo menos tres categorías de cada variable. En caso que alguna variable tenga menos de tres categorías, se aplicó el Gráfico de Barras Agrupadas (Montanero, 2011, Molina y Rodrigo, 2010).

De esta manera se logró determinar si existe una relación, el grado y tipo de asociación entre árboles. Siguiendo el mismo procedimiento comparando el IDV de los acompañantes con sus características, también se logró determinar qué especies fueron las mejor adaptadas.

### 3. Resultados y discusión

La Figura 3 es un gráfico de barras con la frecuencia de especies acompañantes en todas las parcelas. Las especies aquí representadas son los acompañantes de los 203 manzanos que representaron la muestra total.

Figura 3: Recuento de Acompañantes



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 describe las características de la muestra. Como ya se mencionó, los datos se tomaron en base a 203 manzanos y sus respectivos acompañantes. De estos 203 manzanos, 51 no tenían acompañantes y 13 acompañantes no pudieron ser identificados. Todos los acompañantes suman un total de 322 y son clasificados según sus características en base a las variables mencionadas en la Tabla 1.

<b>Tabla 2: Características de Muestra</b>						
<b>Especie</b>	<b>Recuento</b>	<b>Origen</b>	<b>Deciduo</b>	<b>Leguminoso</b>	<b>Frutal-Forestal</b>	<b>Macrofoliado-Microfoliado</b>
Manzano (Muestra)	203	Población de muestra. Se estudió la relación entre estos 203 manzanos y sus respectivos árboles acompañantes.				
Durazno	6	Exótico	Deciduo	No Leguminoso	Frutal	Macrofoliado
Manzano (Acomp.)	12	Exótico	Deciduo	No Leguminoso	Frutal	Macrofoliado
Uva	3	Exótico	Deciduo	No Leguminoso	Frutal	Macrofoliado
Damasco	2	Exótico	Deciduo	No Leguminoso	Frutal	Macrofoliado
Membrillo	1	Exótico	Deciduo	No Leguminoso	Frutal	Macrofoliado
Jacarandá	9	Nativo	Deciduo	Leguminoso	Forestal	Microfoliado
Tumbo	1	Nativo	Deciduo	No Leguminoso	Frutal	Macrofoliado
Tagasaste	25	Exótico	Semi-deciduo	Leguminoso	Forestal	Microfoliado
Gandul	3	Exótico	Semi-deciduo	Leguminoso	Frutal	Macrofoliado
Cedrón	7	Exótico	Semi-deciduo	No Leguminoso	Forestal	Macrofoliado
Olmo	10	Exótico	Semi-deciduo	No Leguminoso	Forestal	Macrofoliado
Tipa	4	Nativo	Semi-deciduo	Leguminoso	Forestal	Macrofoliado
Tecoma	25	Nativo	Semi-deciduo	Leguminoso	Forestal	Macrofoliado
Pacay	2	Nativo	Semi-deciduo	Leguminoso	Frutal	Macrofoliado
OrejaMono	5	Exótico	Semi-deciduo	Leguminoso	Forestal	Macrofoliado
Acacia (2)	4	Exótico	Siempreverde	Leguminoso	Forestal	Microfoliado
Acacia (1)	28	Exótico	Siempreverde	Leguminoso	Forestal	Microfoliado
Pino	6	Exótico	Siempreverde	No Leguminoso	Forestal	-
Ligustro	12	Exótico	Siempreverde	No Leguminoso	Forestal	Macrofoliado
Sauce	1	Exótico	Siempreverde	No Leguminoso	Forestal	Macrofoliado
Níspero	1	Exótico	Siempreverde	No Leguminoso	Frutal	Macrofoliado
Romero	1	Exótico	Siempreverde	No Leguminoso	Forestal	Microfoliado
Retama	15	Exótico	Siempreverde	No Leguminoso	Forestal	Microfoliado
Tuna	1	Exótico	Siempreverde	No Leguminoso	Frutal	-
Chacatea	70	Nativo	Siempreverde	No Leguminoso	Forestal	Macrofoliado
Molle	16	Nativo	Siempreverde	No Leguminoso	Forestal	Microfoliado
Thola	4	Nativo	Siempreverde	No Leguminoso	Forestal	Microfoliado
Aliso	35	Nativo	Siempreverde	No Leguminoso	Forestal	Macrofoliado
No identificado	13	-	-	-	-	-
No hay	51	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a datos de De la Barra, 2018.

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

La Tabla 3 muestra los resultados de las pruebas de independencia ( $X^2$ ) entre el Índice de Desarrollo Vegetal del Productor (IDVP) y las características de los acompañantes. Así mismo, se muestra el Coeficiente de Cramer (V). Por medio de estas pruebas se determina si hay alguna relación y el grado de asociación.

Relación	N de casos válidos	Recuento <5		sig. $X^2$	V
		%	Casillas		
IDVP - Especie	170	0	0	0,705	No hay relación
IDVP - IDVA	317	11,1	1	0,591	No hay relación
IDVP - Presencia	203	0	0	0,733	No hay relación
IDVP - Abundancia	152	16,7	1	0,881	No hay relación
IDVP - Distancia	150	0	0	0,096	No hay relación
IDVP - Origen	309	0	0	0,073	No hay relación
IDVP - Leguminoso	309	0	0	0,279	No hay relación
IDVP - Forestal	309	16,7	1	0,016	0,164
IDVP - Macrofoliado	302	0	0	0,621	No hay relación
IDVP - Deciduo	309	11,1	1	0,012	0,144

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados en las pruebas de independencia, el desarrollo de los manzanos es influenciado de alguna manera por los acompañantes *frutales* o *forestales*, y por los acompañantes *deciduos*, *semideciduos* y *siempreverdes*. La prueba V señala que el grado de asociación es bajo en ambos casos.

Para evaluar la influencia de las especies sobre el desarrollo de los manzanos se tuvo que discriminar datos, por ello es que el número de casos válidos es 170. Como se ve en la Figura 3 y en la Tabla 2, hay muchas especies con baja frecuencia, esto genera varias casillas y una gran cantidad de datos que esperan un recuento menor a 5, invalidando la prueba de  $X^2$  de Pearson. Por eso sólo se evaluó la influencia de las especies más numerosas, que tenían los datos suficientes para formar la tabla de contingencias. Las especies son: Acacia 1 (especie de acacia no identificada), Aliso, Chacatea, Tecoma y Tagasaste. Por la misma razón se quitó la categoría *Medio* del IDVP. Entonces, se midió la dependencia entre las cinco especies y el desarrollo alto o bajo de los manzanos. En estas condiciones, se observó que no existe relación entre estas especies acompañantes y el desarrollo del productor.

La relación entre el Índice de Desarrollo Vegetal del productor (IDVP) y del acompañante (IDVA), es la relación con mayor número de casos válidos. De

los 322 acompañantes, no se tomaron en cuenta 5 individuos de los que no se tenían datos. El resto de acompañantes fue contado y no se encontró relación entre el desarrollo del árbol productor y el acompañante.

Los resultados muestran que, en realidad, el simple hecho de que haya acompañante o no, no es determinante para el manzano. No existe una facilitación o competencia marcada entre árboles. Por esto en los siguientes análisis se excluyó a los manzanos sin acompañante. No obstante, se observó que podría haber cierta desventaja de los árboles sin acompañante respecto a aquellos con acompañante *deciduo* o *semideciduo*.

Para la influencia de la abundancia de acompañantes sobre cada productor, se estudiaron los 152 frutales con acompañante. El tener de 1 a 2, o igual o más que 3 acompañantes no afecta al desarrollo del manzano, ni de manera positiva ni de manera negativa.

En el caso de la distancia, se quitaron los acompañantes a menos de 50 cm, ya que eran sólo dos individuos; lo cual generaba datos insuficientes para la prueba de  $X^2$  de Pearson. Tampoco se observó ninguna relación positiva ni negativa.

Para el análisis de variables de *origen*, árboles *leguminosos*, *forestales*, o *deciduos*, se contabilizaron todos los acompañantes identificados. En el caso de los árboles *macrofoliados* y *microfoliados*, no se tomaron los seis pinos y la tuna, por no tener hojas propiamente dichas. A excepción de las variables de los árboles *forestales* y *deciduos*, ninguna de las variables tiene una relación determinante con los productores, no facilitan ni son competencia, son neutrales.

Con los datos obtenidos, además se puede analizar la adaptación de los árboles acompañantes según sus características. Para ello se establecen la dependencia entre el IDVA (Índice de Desarrollo Vegetal del Acompañante) y las características del acompañante.

La Tabla 4 justamente refleja esta relación entre las características del árbol y su adaptación según su desarrollo. Se puede ver que la *especie*, el ser *leguminoso*, *forestal*, *macrofoliado*, o *deciduo* afecta estrechamente a la adaptación.

La única característica independiente a la adaptación es el origen. Aunque algunas observaciones parecen indicar que los nativos se mantienen en un desarrollo medio y los exóticos tienden a un desarrollo extremo, es decir un desarrollo marcadamente alto o bajo.

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

De ser así, podría haber algunas implicaciones ecológicas que deberían ser evaluadas con datos de las especies para ser aplicadas. Y se aclara esto, pues las especies exóticas de alto desarrollo podrían aportar con bastantes beneficios, pero también podrían ser potenciales invasores en un ecosistema. De cualquier manera, el origen no afectaría al desarrollo de los frutales.

**Tabla 4: Adaptación de Acompañantes**

Relación	N de casos válidos	Recuento <5		sig. X <sup>2</sup>	V
		%	Casillas		
IDVP - Especie	181	13,3	2	0	0,284
IDVP - Origen	304	0	0	0,158	No hay relación
IDVP - Leguminoso	304	0	0	0	0,338
IDVP - Forestal	304	16,7	1	0,002	0,201
IDVP - Macrofoliado	297	0	0	0	0,233
IDVP - Deciduo	304	0	0	0,024	0,136

Fuente: Elaboración propia

Entre las variables más significativas, el hecho de ser *leguminosa* es la más importante. Registra un V de 0,338, lo que significa que hay un grado de asociación medio. Este grado de asociación fue el más alto y el único que alcanzó dicho nivel. Le segunda *especie*, que podría estar fuertemente ligado con la característica *leguminosa*.

## Goytia / Alcocer

Figura 4: Relación IDVP – Frutal o Forestal

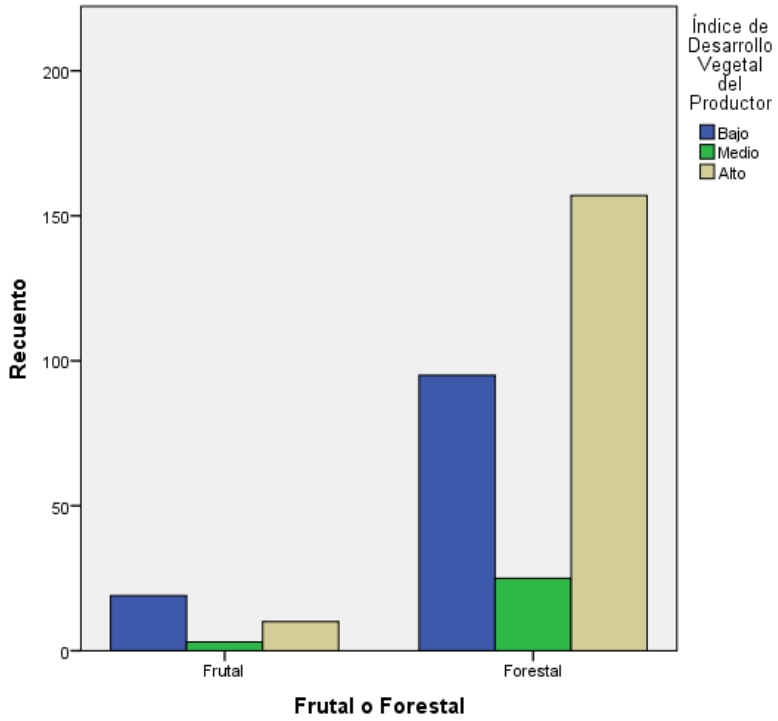


Figura 4-10: Fuente: Elaboración propia

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

Figura 5: Relación IDVP - Deciduo

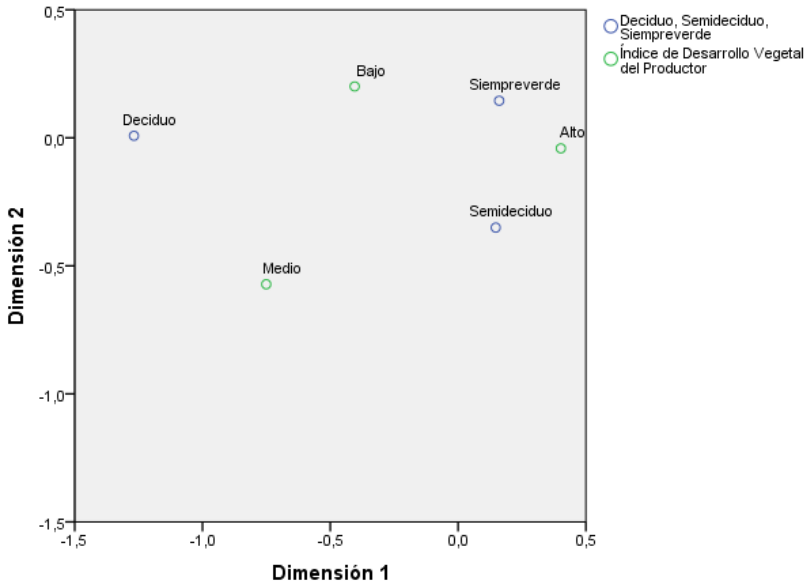


Figura 5: Relación IDVA – Leguminoso

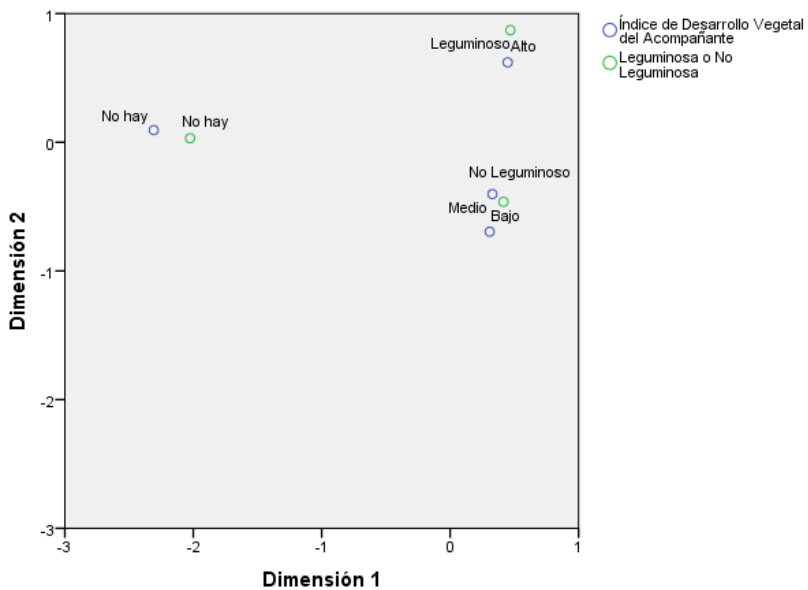


Figura 6: Relación IDVA – Frutal o Forestal

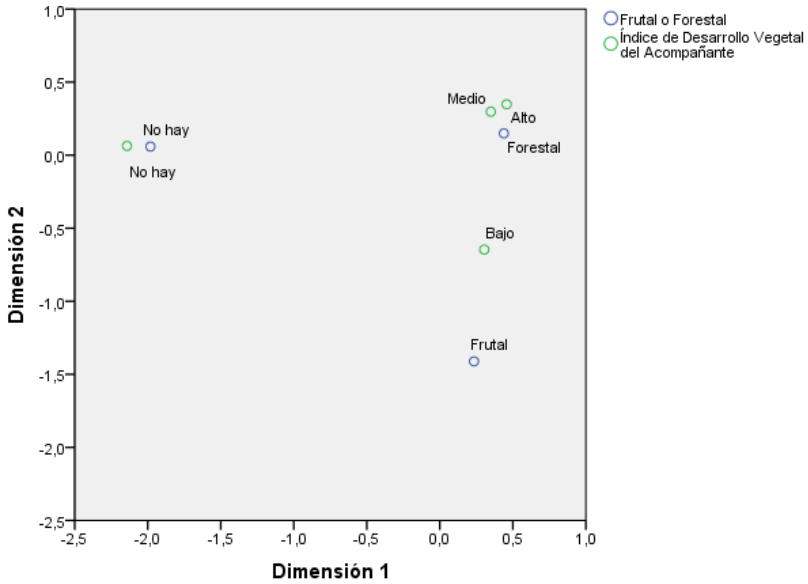
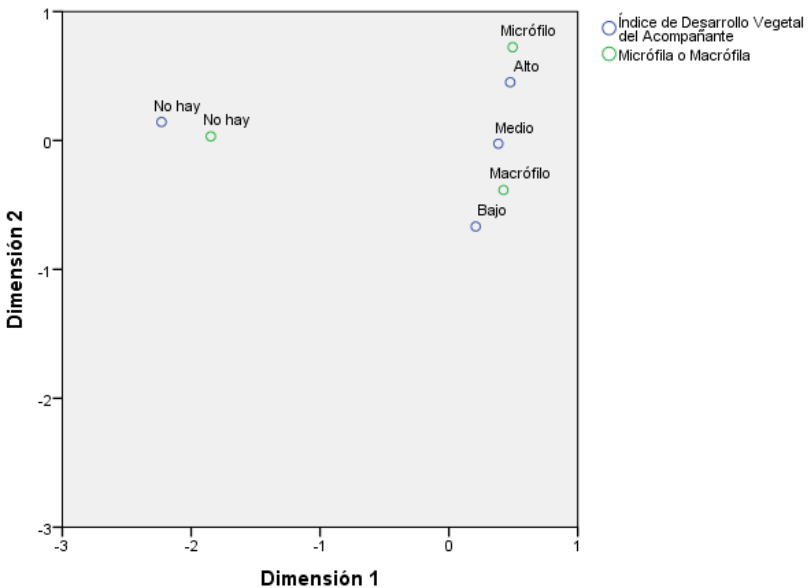


Figura 7: Relación IDVA – Macrofoliado o Microfoliado



## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

Figura 8: Relación IDVA – Deciduo

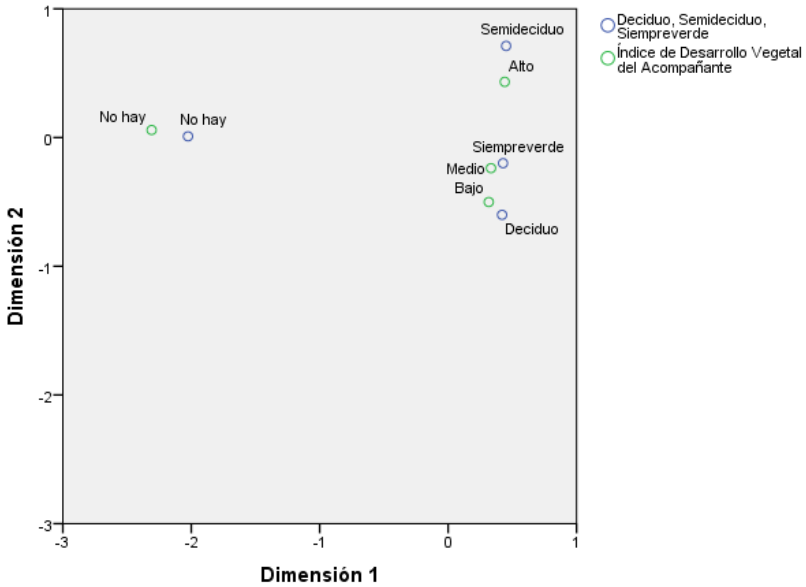
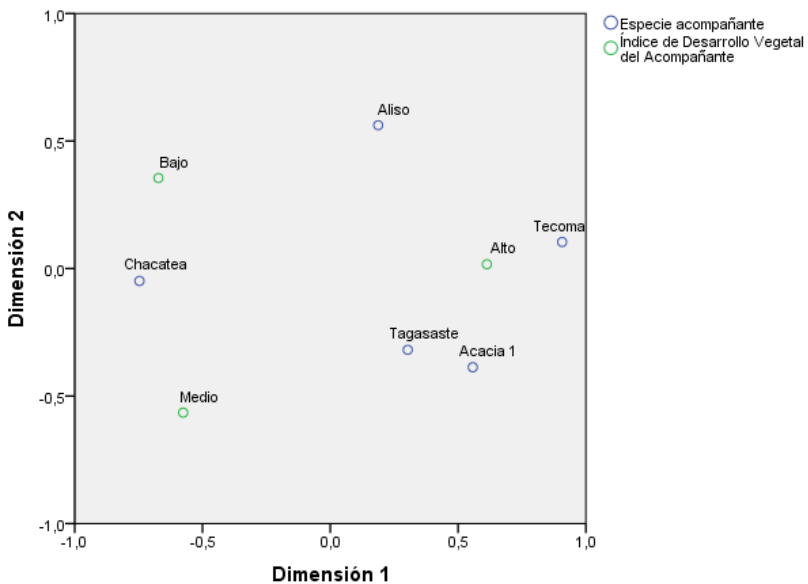


Figura 9: Relación IDVA – Especie



La Figura 4, es un gráfico de barras agrupadas que refleja la relación de facilitación entre forestales y productores, mientras los acompañantes frutales tienen una relación de competencia con los productores. Estudios demuestran que a mayor lejanía filogenética mayor grado de facilitación y mayor probabilidad de formar redes de interacción. Afirmación que se encuentra en concordancia con estos resultados (Verdú y Valiente-Banuet, 2011; Verdú, *et al.*, 2010).

La Figura 5 es un gráfico de AFCS donde se observa que las especies acompañantes *siempreverdes* suelen tener una relación de facilitación con los árboles productores ya que están asociados a los productores de desarrollo alto. Esto puede deberse a la constante producción y aporte de materia orgánica de las *siempreverdes*.

Estas características deben ser aprovechadas para mejorar los sistemas agroforestales. Las relaciones de facilitación y competencia fueron aplicadas con éxito en proyectos de reforestación y tranquilamente podría aplicarse en parcelas productivas. No obstante, es necesario tomar en cuenta que todas estas relaciones, de facilitación, competencia o relación neutra pueden variar con el tiempo, según el desarrollo de los árboles (Verdú y Valiente-Banuet, 2011; Verdú, *et al.*, 2010; Gómez-Aparicio, *et al.*, 2004).

Las Figuras 6, 7, 8, y 9 muestran que los acompañantes *leguminosos*, los *microfoliados* y los *semidecíduos* tienen un desarrollo alto. Los forestales tienen un desarrollo medio-alto, los *no leguminosos* un desarrollo medio-bajo y los *macrofoliados* y *decíduos* tienen un desarrollo bajo. La Figura 10 indica que la especie mejor adaptada es el Tecoma. Tiene todas las características de adaptación, excepto que es *macrofoliado*. Es un *leguminoso, forestal, semidecúido*.

Según Navarro, la vegetación potencial climática de los valles interandinos xéricos es decidua, microfila y parcialmente espinosa (Navarro y Maldonado, 2002). Así mismo, las familias más abundantes en la región son las Cactáceas, Bromeliáceas (cuyas especies son principalmente herbáceas (UNNE, 2015)), Asteráceas (también con especies herbáceas predominantes (UNNE, 2015)) y Leguminosas (Navarro y Maldonado, 2002). Todas estas características coinciden con los resultados. La diferencia entre las especies deciduas y semideciduas, se debe probablemente al manejo en la parcela. Asimismo, no se observan especies espinosas, a excepción de alguna que otra cactácea, ya que dificultarían el manejo en la parcela.

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

En las Figuras 6, 7, 8, y 9, la categoría *No hay* de árboles productores sin acompañantes fue añadida para que cada variable tenga tres categorías y pueda observarse el AFCS. Esto no cambia los resultados de  $X^2$ , ni la asociación entre categorías de variables. Como se espera, la categoría *No hay* del IDVA se asocia a la categoría *No hay* de la característica, ya que representan lo mismo prácticamente. Además, la relación se mantiene aislada del resto de puntos, demostrando la poca influencia de esta categoría sobre las demás.

Debe tomarse en cuenta que todo el estudio está basado en establecer relaciones entre alguna característica y el IDV. Existen otros métodos para el estudio del crecimiento y desarrollo vegetal, cómo el índice de área foliar. No obstante, el tiempo y recursos necesarios rebasaban la capacidad del estudio para aplicarlos (Courtis, 2014; Barrera *et al.*, 2010; Intagri, s.f.).

Entre los métodos propuestos se contempló el medir la producción como índice de desarrollo. Sin embargo, esto limitaría el índice a solo los árboles productores y condiciona el estudio a la temporada de cosecha. Esto también hace que la medición sea susceptible a situaciones naturales como granizada, helada o plagas.

De cualquier manera, se sugiere encontrar el método más exacto posible para medir el IDV. El IDV no necesariamente tiene que ser cualitativo, puede ser cuantitativo, pero en tal caso se deben seguir otros procedimientos estadísticos para analizar la relación entre variables cualitativas y cuantitativas (Montanero, 2011; Molina y Rodrigo, 2010; Barón y Téllez, 2009; Molinero, 2004).

## 4. Conclusiones

Se planteó una metodología para estudiar las relaciones entre árboles. Siguiendo esta metodología se observó que existe una relación entre los productores (manzanos) y los árboles acompañantes frutales, forestales y siempreverdes.

Entre los manzanos estudiados y los acompañantes tanto forestales como frutales, existe un grado de asociación bajo, con un  $V$  de 0,164. La relación con los forestales es de facilitación y la relación entre frutales es de competencia.

El grado de asociación entre árboles productores y acompañantes siempreverdes es igualmente bajo con un  $V$  de 0,144. La relación entre productores y siempreverdes es de facilitación.

El resto de variables no tienen un efecto determinante en el desarrollo de los manzanos productores en la zona. Ni de facilitación, ni de competencia.

Los árboles que mejor se adaptaron son leguminosos, microfoliados y semidecuidos y en nivel medio alto, los forestales. La característica más influyente para una adaptación alta en la zona es ser leguminoso. Estas características coinciden en su mayoría con la vegetación natural de la región, a excepción de los semidecuidos, que se ven favorecidos probablemente por el manejo.

La especie que mejor se adaptó, según el IDVA, es el tecoma, que cumple con casi todas estas características, excepto que es macrófila. Es secundado por el tagasaste y una especie de Acacia no identificada. La especie con menor desarrollo es la chacatea, aunque es la más abundante. Los árboles que menos se lograron adaptar son deciduos y macrofoliados.

Con esta información, y datos de posteriores estudios con esta metodología, se escogerá mejor las especies para una parcela agroforestal en bioclima xérico. Por un lado, se puede elegir las especies que ayuden a los árboles frutales a desarrollar y producir mejor, y por otro, escoger especies acompañantes que mejor se adapten a la región.

## 5. Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado en el marco del Proyecto de Investigación Aplicada en Adaptación al Cambio Climático, PIA-ACC de COSUDE, a quienes se agradece por la confianza depositada en el financiamiento de la investigación.

Así mismo, se agradece al Dr. Gonzalo Navarro quien dio la base para la medición del IDV, al M.Sc. Edgar Montenegro por su guía en la aplicación estadística, al Ing. Germán Vargas por su apoyo en el trabajo de campo y a la M.Sc. Nelly de la Barra por su ayuda en la clasificación de muestras.

Se agradece también a Nicole Andrea Drew por su apoyo en la revisión del documento, así como en la toma y registro de datos a lo largo de toda la investigación, a Diego Vigabriel, Andrea Arce, Cindy Herbas, Melisa Gutiérrez y Mayra Terán por su ayuda en el levantamiento de datos y a la Lic. Elisa Goytia y Ana Rebeca Saavedra por su ayuda en el registro y medición de muestras.

Se agradece a cada uno los dueños de las parcelas en las que se trabajó, que abrieron sus puertas para que se pueda realizar el estudio. Sin todas estas personas, la investigación no hubiera sido posible, gracias.

## 6. Referencias

- Acosta A. (2015). "Comunicación entre plantas: relaciones alelopáticas". En: <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2015/05/25/comunicacion-plantas-alelopatia/> (fecha de consulta: 1/09/2017).
- Alcaraz, F. J. (2013). El método fitosociológico. En A. A.J., Geobotánica. California, USA: Creative Commons.
- ASPB. (2013). "Las interacciones de las plantas". En: <http://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/clase-1tipos-de-interacciones.pdf> (fecha de consulta: 31/08/2017).
- ASPB. (2013). "Interacciones Planta-Planta". En: <http://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/clase-21-planta-plantaconceptos-generales.pdf> (fecha de consulta: 31/08/2017).
- ASPB. (2013). "Facilitación". En: <http://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/clase-31-planta-plantafacilitacion.pdf> (fecha de consulta: 31/08/2017).
- Azero Alcocer, M.. 2018. Elementos para el diseño y la implementación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba, Bolivia. En: Azero Alcocer, M. (ed.), 2018. Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba: Diez estudios de caso de las comunidades de Rodeo (Sacaba), La Maica (Tarata), Aramasí (Tapacarí) y Combuyo y Pairumani (Vinto). Proyecto de Investigación Aplicada para la Adaptación al Cambio Climático, PIA.ACC-UCB.28, Universidad Católica Boliviana San Pablo.
- Barrera J. *et al.* (2010). Análisis de crecimiento en plantas. Universidad Nacional de Colombia.
- Barón F. J. y Téllez F. (2009). Apuntes de Bioestadística, Capítulo 6: Regresión Múltiple. Málaga: UMA.
- Brooker R. W. y Callaway R. M. (2009). Facilitation in the Conceptual Melting Pot. *Journal of Ecology*: Vol. 97, No. 6, pp. 1117-1120.
- Courtis A. (2014). Guía de estudio Crecimiento y Desarrollo. UNNNE
- De La Barra N. (2018). Clasificación de árboles según sus características. Comunicación Personal.
- Díaz P. (2012). Guía Práctica del Curso de Bioestadística Aplicada a las Ciencias de la Salud. Madrid: Instituto Nacional de Gestión Sanitaria.

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

FAO. (1999). “Tema 3: Sistemas Agroforestales”. En: <http://www.fao.org/docrep/009/ah647s/AH647S04.htm> (fecha de consulta: 31/08/2017).

Farfán F. (2014). Agroforestería y sistemas agroforestales con café. Manizales: Cenicafé.

Farell J. G. y Altieri M. A. (2014). “Sistemas Agroforestales”. En: [https://socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemasagroforestales\\_m.a.\\_altieri.pdf](https://socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemasagroforestales_m.a._altieri.pdf) (fecha de consulta: 4/09/2017).

García-Cervigón A. I. (2015). Incluyendo el tiempo en el estudio de las interacciones planta-planta a través de la dendroecología. ECOSISTEMAS, 25: 74-82.

Gómez-Aparicio *et al.* (2004). Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. Ecological Society of America: Agosto, Vol. 14, No. 4, pp. 1128-1138.

González, C. (s.f.). El Xilema y el Floema. Buenos Aires: UBA.

Gutiérrez, E. (2008). La dendrocronología: métodos y aplicaciones. Research Gate, 303-315.

Imaña J. *et al.* (2014). Conceptos dasométricos en los inventarios fitosociológicos. Brasilia: Universidade de Brasilia.

INTAGRI (s.f.). El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo de Maíz. En: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>

ITDG. (2008). Agroforestería: una estrategia de adaptación al cambio climático. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.

López L. y Altésor A. (2010). “Relación entre la riqueza de especies vegetales y la productividad en pastizales naturales”. En: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2011000100009](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2011000100009) (fecha de consulta: 31/08/2017).

Mendieta M. y Rocha L. R. (2007). Sistemas Agroforestales. Managua: UNA.

Molina G. y Rodrigo M.F. (2010). Estadística descriptiva en Psicología, Tema 8: Estadísticos de asociación entre variables. En: [http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/pruebas-1/1-3/t\\_08-1.pdf](http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/pruebas-1/1-3/t_08-1.pdf) (fecha de consulta: 31/07/2018).

- Molinero L. M. (2004). Asociación de variables cualitativas nominales y ordinales. En: <https://www.alceingenieria.net/bioestadistica/asociacion.pdf> (fecha de consulta: 31/07/2018).
- Montanero J. (2011). Manual de Bioestadística. Extremadura: UNEX.
- Navarro G. (2018). Índice de desarrollo vegetal en base a dendrocronología. Comunicación Personal
- Navarro, G., & Maldonado, M. (2002). Geografía Ecológica de Bolivia. Vegetación y Ambientes Acuáticos. Cochabamba: Centro de Ecología Simón I. Patiño.
- Oliveros-Bastidas A de J. (2008). El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. *QuímicaViva*, 1: 7 de abril.
- Saiz H. (2014). Redes de asociación planta-planta: organización de las especies y la comunidad vegetal, y adaptación del sistema a factores de estrés en ecosistemas semiáridos. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Stadler-Kaulich N. (2013). “La Agroforestería - el Vivir Bien en la diversidad”. En: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892014000100008&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892014000100008&lng=es&nrm=iso) (fecha de consulta: 5/09/2017).
- Stadler-Kaulich N. (2016). “Las semejanzas entre el ser humano y la planta: Argumentos para producir en sistemas agroforestales”. En: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892017000100009](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892017000100009) (fecha de consulta: 5/09/2017).
- Stadler-Kaulich, N. 2018. Comunicación Personal. Predio Experimental de Agricultura Andina Mollesnejta, Cochabamba.
- Tirado R. (2003). Interacciones positivas entre plantas: Mecanismos y consecuencias. *ECOSISTEMAS*, 2:1-3.
- Trueba C. *et al.* (2017) Estadística I, Tema 6: Variables cualitativas o atributos. Santander: Universidad de Cantabria.
- UACH. (2003). Dendrocronología. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- UGR (2005). Medidas de Asociación con SPSS. Granada: Universidad de Granada.
- UNNE (2015). Guía de Consultas de Diversidad Vegetal, Monocotiledoneas – Poales: Bromeliaceae. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste.

## Relaciones entre árbol productor y árboles acompañantes

UNNE (2015). Guía de Consultas de Diversidad Vegetal, Eudicotiledóneas – Asterales: Asteraceae. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste.

Vargas Aguilar, Germán. 2018. Comunicación Personal.

Verdú M. (2008). "Redes complejas de interacciones planta-planta: facilitación y competencia". En: [http://sgfm.elcorteingles.es/SGFM/FRA/recursos/doc/Actos/2008/ponencias/1387065409\\_1411200812242.pdf](http://sgfm.elcorteingles.es/SGFM/FRA/recursos/doc/Actos/2008/ponencias/1387065409_1411200812242.pdf) (fecha de consulta. 5/09/2017)

Verdú M y Valiente-Banuet A. (2008). The Nested Assembly of Plant Facilitation Networks. *The American Naturalist*: Diciembre, Vol 172, No. 6.

Verdú M., *et al.* (2010). The phylogenetic structure of plant facilitation networks changes with competition. *Journal of Ecology*: Vol. 98, No. 6, pp. 1454-1461.

Verdú M y Valiente-Banuet A. (2011). The relative contribution of abundance and phylogeny to the structure of plant facilitation networks. *Oikos*: Vol. 120, No. 9, pp. 1351-1356.

Vidal S. y Vargas G. (2013). Huertas Familiares Bajo Sistemas Agroforestales. Cochabamba: Proyecto S.A.R.A.



Producción de biochar utilizando tecnologías adaptadas a la realidad de la región, en la granja Mollesnejta, Vinto, Cochabamba

Noemi Stadler-Kaulich<sup>1</sup> / Alejandro Perteguer

## La Agroforestería Dinámica y su Yapa - La Madera Rameal Fragmentada y el Biocarbón Activado

Este artículo es una ampliación con datos recientes del artículo publicado en RevActaNova 2018, vol.8, Nr.4, pp.572-592. ISSN 1683-0789 de Stadler-Kaulich, N. y Perteguer, A., Más allá de la Agroforestería. El Biocarbón Activado y la Madera Rameal Fragmentada: utilización y preparación en Mollesneja.

### Resumen

El suelo es el fundamento de nuestra alimentación y el agua potable, nos asegura la vida, pero le golpeamos incesantemente. A nivel global es alarmante la pérdida de suelo fértil, caracterizado por su porcentaje de materia orgánica. Las prácticas agrícolas convencionales y los impactos del cambio climático empeoran la pérdida del mantillo y su capacidad de regeneración. El desafío del futuro es garantizar la seguridad alimentaria a través de técnicas agrícolas que mantienen y regeneran la fertilidad del suelo y al mismo tiempo son productivas. En *Mollesneja - Centro de Agroforestería Andina*, situado en el Valle de Cochabamba se experimentan dos técnicas que restauran suelos degradados. La materia prima para estas técnicas se origina en la agroforestería dinámica, que se caracteriza por la implementación tupida de una alta diversidad de vegetales. A través de la poda periódica son manejadas las parcelas y modeladas las diferentes especies, de manera que es aprovechado todo el espacio vertical y horizontal para la producción de alimentos, forraje, plantas medicinales, leña y madera. Las ramas menudas son utilizadas para cubrir el suelo como mulch. Las más gruesas son transformadas en Madera Rameal Fragmentada

---

<sup>1</sup> E-mail: nstadlerkaulich@gmail.com

(MRF) y Biocarbón Activado. Este artículo describe los beneficios del Biocarbón Activado y de la Madera Rameal Fragmentada, empezando por sus calidades, el proceso de elaboración y la aplicación al suelo. Ambos recursos resultan eficaces para lograr la mejora de la fertilidad del suelo y su capacidad de almacenar la humedad.

Palabras clave: agroforestería dinámica, biocarbón, terra preta, madera rameal fragmentada

## Summary

Soil is the fundament of our alimentation and drinking water, but we beat it constantly. The loss of soil fertility, which is expressed through organic matter, is alarming all over the world. Conventional agriculture practices and the climate change effects are reducing the organic matter content of soil and its regeneration capacity. In this sense, a challenge for the future is to ensure food security promoting agriculture techniques which preserve and regenerate soil fertility and are highly productive. At *Mollesneja - Centro de Agroforestería Andina*, we apply dynamic agroforestry with high density and high diversity consortiums. This forces to prune, so the productive plants receive enough sunlight and have the necessary space to develop. The pruning material permits to apply two techniques, with the goal of improving soil quality: Ramial Chipped Wood (RCW) and Activated Biochar. This article describes the benefits of Activated Biochar and RCW and discusses their preparation and application to the soil. Both techniques proved to be effective at improving soil fertility and water storing.

Keywords: dynamic agroforestry, biochar, terra preta, ramial chipped wood

## 1. Introducción

El gran reto actual es asegurar la alimentación para una población mundial que sigue creciendo. La agro-industria está asumiendo este papel, pero está descuidando el impacto destructor que provoca sobre el recurso natural suelo. Se está disminuyendo la fertilidad del suelo y su capacidad de almacenar la humedad. En un suelo de baja fertilidad los cultivos generalmente son más vulnerables, razón por la cual es más probable la invasión por enfermedades y/o plagas (Pender, 2009). El uso de fertilizantes agroquímicos no resulta una solución sostenible para asegurar la productividad agrícola, ya que acelera el deterioro del suelo a través de la pérdida del mantillo y del humus que además implica la disminución de la cantidad de carbono en el mismo (Oliveira *et al.*, 2017).

A través de un nivel apropiado de materia orgánica en el suelo es asegurado el funcionamiento del ciclo de nutrientes sin la necesidad de agroquímicos. Es la razón por la cual es necesario impulsar prácticas agrícolas productivas y sostenibles. Dichas prácticas deben priorizar: (a) el aumento del carbono orgánico del suelo, ya que de esa forma se promueve la retención de nutrientes y agua; (b) el mejoramiento de la estructura del suelo para proporcionar un hábitat idóneo para la proliferación de la biota del suelo (Bationo *et al.*, 2007). En este escenario, y teniendo en cuenta la desertización acelerada por el cambio climático, el reto consiste en devolver al suelo una estructura que favorezca la recuperación de su fertilidad y su plena capacidad de retener la humedad (Agegnehu *et al.*, 2017).

Este artículo propone dos técnicas agroecológicas para lograr la restauración del suelo de forma sostenible: (a) la transformación del material de poda de los sistemas agroforestales en Madera Rameal Fragmentada (MRF) para su aplicación al suelo en las parcelas agroforestales; (b) la elaboración de biocarbón a partir del material de poda de los sistemas agroforestales, su activación y su utilización en los sistemas agroforestales. Ambas prácticas han demostrado un efecto significativo en la recuperación de la fertilidad del suelo y su capacidad de almacenar la humedad (Stadler-Kaulich *et al.*, 2018).

## 2. Mollesneja – Centro de Agroforestería Andina

El objetivo de las actividades en el predio de *Mollesneja – Centro de Agroforestería Andina* es demostrar a través de la práctica agroforestal la posibilidad de lograr una producción agroecológica, restaurar suelos degradados, adaptar los cultivos a cambios climáticos y proteger al mismo tiempo los recursos naturales como el suelo, el agua, el aire y la biodiversidad. Investigaciones en el Perú han demostrado, que la agroforestería es una técnica ancestral incaica comprobada hace 1000 años durante un calentamiento en la región andina (Chepstow-Lusty *et al.*, 2000).

El predio de Mollesneja se encuentra en el Valle de Cochabamba, Provincia Quillacollo a 2.800 m.s.n.m. en la ladera del pico Tunari de la cordillera con el mismo nombre. El clima es semiárido con precipitaciones anuales de alrededor 500 mm, cayendo entre diciembre y marzo. La temperatura vacila entre -3° Celsius en las madrugadas a fines de junio y 35° Celsius en las tardes del mes de enero. En la temporada de sequía suele soplar un viento seco desde la cordillera. Estos datos de tiempo son tomados en la estación de clima propia. El suelo del predio de 16 hectáreas es muy pedregoso y tiene una pendiente moderada hasta fuerte. En los años 1990 la sobrecarga de animales de pastoreo había provocado erosiones, cárcavas y deslizamientos. En 2000 fueron implementados los primeros sistemas agroforestales con el fin de recuperar la fertilidad del suelo y su capacidad de almacenar la humedad. A razón que es un centro experimental, cada consorcio agroforestal contiene diferentes asociaciones de especies productivas, nativas, exóticas, leguminosas y micorrizadas con el fin de obtener datos sobre las combinaciones más favorables. Además, son investigados diversos diseños agroforestales y silvopastoriles como la implementación en línea a nivel, en núcleos y en ruedos.

En 2015, el año internacional de suelo, en Mollesneja comenzaron los ensayos con la Madera Rameal Fragmentada y el Biocarbón activado, debido a la gran cantidad de material de poda que se obtuvo en las parcelas agroforestales dinámicos.

### 3. Madera Rameal Fragmentada

La Madera Rameal Fragmentada (MRF) son pedazos de ramas aplicadas como cobertura sobre el suelo. Es una práctica de mejoramiento del suelo experimentada en Canadá en los años 1980. Esta técnica rescata el proceso de pedogénesis (del griego pedo-, “tierra” y -génesis, “formación”) que transcurre de forma natural en los bosques. Los ecosistemas forestales mantienen su fertilidad, entre otros procesos biológicos, a través de la descomposición de la materia orgánica que cae al suelo (Lemieux *et al.*, 2000). El componente vegetativo adiciona constantemente hojas, ramas o frutos al suelo, devolviendo así los nutrientes al mismo y manteniendo la fertilidad (Soumare *et al.*, 2002). Es un proceso de reciclaje de biomasa realizado por los macro- y microorganismos en el suelo. La materia orgánica es transformada en nutrientes para ser asimilables para las plantas (Gruda, 2008).

La aplicación de conceptos de la ecología forestal en la agricultura hasta el momento es prácticamente nula. La agricultura, en lo que se refiere al mejoramiento del suelo, presta demasiada atención al proceso de mineralización y se centra en la aplicación de abonos o fertilizantes que sólo son útiles a corto plazo. Sin embargo, el proceso de humificación, que es la base de la pedogénesis, favorece la consolidación de la fertilidad y la calidad del suelo a largo plazo. Dicho en otras palabras, la mineralización conduce a la pérdida de materia orgánica y la humificación a su acumulación. Es recomendado de utilizar la madera rameal hasta un grosor de siete centímetros, porque en ésta se encuentran los elementos más activos de las plantas, los cuales tienen la capacidad de producir capullos, hojas o incluso frutas (Lemieux *et al.*, 2000).

Conviene, asimismo, no emplear más de un 20% de coníferas, así como evitar las especies forestales que contengan sustancias alelopáticas para la pedofauna como son los eucaliptos. Tampoco se recomienda emplear ningún tipo de palma ni bambú, ya que la lignina de este tipo de árboles es estructuralmente diferente. Del mismo modo, es conveniente no incluir las ramas muertas o secas por su carencia en nutrientes y porque dificultan la retención de agua (Noël, 2006).

El período de recolección de las ramas puede ser en cualquier época del año, aunque se recomienda realizarlo durante la dormancia de los árboles, es decir, durante los meses de junio a agosto en la región andina y febrero a marzo en las zonas templadas del hemisferio norte. En las zonas tropicales,

la recolección de ramas y aplicación de la MRF se recomienda al final de la época de lluvias para así favorecer su biotransformación. Algunas experiencias en climas tropicales mostraron que incluir las hojas de los árboles en la MRF ayudó a compensar las deficiencias en zinc, aunque este fenómeno no se observó en las zonas templadas (Lemieux *et al.*, 2000).

El proceso natural de humificación en suelos agrícolas es estimulado por la descomposición de los materiales leñosos. La madera contiene celulosas, hemicelulosas, lignina, aminoácidos, enzimas, glúcidos, fitohormonas y otros componentes que sirven de alimento a los organismos del suelo (Soumare *et al.*, 2002). Éstos transforman dichas sustancias en formas más simples y desencadenan así el proceso de formación del suelo. Entre todos estos componentes, algunos como las fitohormonas, los glúcidos, las enzimas o los aminoácidos son muy fácilmente asimilables por la microbiota del suelo. Otros, como las celulosas o las hemicelulosas, requieren un mayor esfuerzo de degradación, aunque finalmente liberan azúcares que retroalimentan el desarrollo de la microbiota del suelo. La lignina, sin embargo, es un polímero también muy energético, pero de muy difícil acceso para los microorganismos por su estructura única formada por cadenas de ciclos aromáticos (Gruda, 2008).

La degradación de la lignina, especialmente la proveniente de las angiospermas (Stevanovic, 2006), se ha identificado como el punto de partida de una sucesión de ciclos biológicos complejos que culminan con la formación de humus. Los principales microorganismos encargados de la degradación de este material son un grupo de hongos llamados basidiomicetes (*Basidiomycota*). Los sistemas enzimáticos de los hongos basidiomicetes son capaces de producir ácido fúlvico y húmico a partir de la lignina, generando así las bases para la consolidación de un suelo fértil (Leisola & Garcia 1989). Este proceso, sumado a la simultánea liberación de los nutrientes alojados en la lignina, permite una estructuración óptima del suelo, así como la acomodación del mismo para nuevas formas de vida (Noël, 2006). La degradación de la lignina en los terrenos agrícolas permite a mediano y largo plazo la recuperación física, química y biológica del suelo, tras la pérdida de la fertilidad ocasionada por la supresión de la cubierta vegetal (Soumare *et al.*, 2002).

Teniendo en cuenta los procesos biológicos anteriormente mencionados, un grupo de investigadores de la Laval University (Quebec, Canadá) dirigidos por el Dr. Gilles Lemieux se propuso aplicar el proceso natural de humificación de los bosques al mejoramiento de los suelos agrícolas

(Lemieux *et al.*, 2000). Las ramas fueron trituradas para añadirlas al suelo, bautizando esta técnica como Madera Rameal Fragmentada (MRF). La elección de las ramas de los árboles y arbustos como material de partida no fue casual, ya que se cree que alrededor del 75% de los nutrientes de las plantas se encuentran almacenados en las ramas (Noël, 2006). La fragmentación de la madera, por otra parte, tenía como objetivo facilitar la descomposición por los hongos basidiomicetes y facilitar el manejo de los cultivos (Lemieux 1993).

Las investigaciones con MRF obtuvieron resultados muy positivos tanto a nivel químico, físico como biológico. En cuanto al nivel químico, la modificación más evidente del suelo tras la aplicación de la MRF fue la progresiva acumulación de humus. Estudios realizados por Noël (2006) mostraron que aquellos suelos tratados con MRF quintuplicaban la velocidad de formación de humus en comparación con las parcelas tratadas con abonos convencionales. De forma simultánea, durante el proceso de degradación de la MRF, se vuelven disponibles para las plantas los elementos minerales  $\text{NO}^{-3}$ ,  $\text{NH}^{+4}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_2^{-4}$  o  $\text{HPO}_2^{-4}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ... entre otros, los cuales refuerzan el crecimiento vegetativo y la formación de cadenas tróficas (Gruda, 2008). Del mismo modo, se ha comprobado que la MRF favorece el secuestro de C y parece estar implicada en la reducción de los contaminantes del suelo (Lemieux *et al.*, 2000).

En lo que se refiere a la alteración de las propiedades físicas del sistema edáfico, se ha comprobado que la acumulación de humus oscurece el suelo y favorece la formación de agregados, aumentando así la retención de agua y nutrientes. La degradación de la lignina permite, además, reducir la conductividad de los suelos salinos y neutralizar el pH de suelos ácidos. Asimismo, la capa de MRF depositada sobre el suelo actúa como una cobertura natural, también llamado *mulch*, que protege al suelo de las condiciones climáticas extremas y ayuda a luchar contra la erosión (Lemieux *et al.*, 2000).

La MRF también es considerada una poderosa técnica bioestimuladora. A los seis meses de su incorporación en el suelo puede observarse ya una gran proliferación de toda clase de microorganismos. En el caso de los hongos, dicha proliferación puede ser hasta de diez veces más en el período de un año, siendo muchos de esos hongos micorrizadas (Gruda, 2008). Estos hongos ayudan a capturar el nitrógeno inorgánico disuelto en el suelo durante su crecimiento, evitando así su lixiviación y permitiendo que éste permanezca disponible para las plantas (Noël, 2006). Además, la presencia

de hongos en el ecosistema edáfico permite la proliferación inmediata de artrópodos fungívoros y por ende el desarrollo de otras formas de vida superiores. Estas formas de vida podrían ser por ejemplo las lombrices, que son de vital importancia en el mantenimiento de la fertilidad del suelo por aumentar la capacidad de infiltración de agua y aire (Lemieux *et al.*, 2000). La MRF tendría entonces la capacidad de restaurar la microbiota y macrobiota del suelo al proporcionar la energía, los nutrientes y el hábitat necesario para el establecimiento de las cadenas tróficas del suelo (Swanson and Calkins, 1995; Larsson and Bath, 1996; Gustavsson, 1999; Olson, 2004). Cabría destacar también el papel de la MRF en el aumento de la resistencia de los cultivos frente a los patógenos. Estudios previos han constatado que aplicaciones de MRF previas al cultivo de ciertas especies vegetales reducen significativamente o impiden la invasión de nematodos (Seck, 1999) así como la colonización de hierbas no deseadas. Además, los hongos basidiomicetes pueden sintetizar antibióticos naturales que protegen a los cultivos de enfermedades y parásitos (Gruda, 2008).

La sumatoria de las alteraciones del suelo a todos los niveles -químico, físico y biológico- después de la aplicación de la MRF repercute de forma notable en el desarrollo de las plantas; no sólo mejora la productividad de los cultivos, sino también estabiliza la fertilidad del suelo (Lemieux and Lachance, 2000). Aún, existen variaciones en la productividad, que son explicadas por las particularidades de cada experimento, ya que emplean diferentes especies vegetales y preparan la MRF de distintas maneras. Algunos resultados de publicaciones científicas a resaltar son: el aumento del 1000% de la productividad de tomates en Senegal, el 300% de fresas en Quebec o el 400% de materia seca del maíz en la República Dominicana (Lemieux, 1985; Lemieux y Lachance, 2000).

Cabe destacar que, si se añade MRF a un sistema agrícola que haya sido tratado por fertilizantes, herbicidas u otras sustancias químicas, probablemente no se active el proceso de humificación (Noël, 2006). Este fenómeno se debe a la carencia de microorganismos existente en los sistemas agrícolas altamente alterados, por lo que es recomendable en estos casos mezclar la MRF previamente con muestras de suelos de bosque para reintroducir los microorganismos al sistema (Zongo, 2007).

Se puede concluir que la MRF es una técnica con un gran potencial para la producción agroecológica. Es simple y accesible, siempre y cuando se puede obtener la materia orgánica necesaria para su elaboración. En las regiones semiáridas suele hacer falta la materia prima para la elaboración de la MRF.

La solución pueden ser los sistemas agroforestales dinámicos, implementados con alta diversidad de especies y mucha densidad de siembra para lograr la restauración del suelo y tener la posibilidad de producción aprovechando el espacio horizontal y vertical al máximo. En estos sistemas productivos es importante la poda periódica para permitir a las especies productivas como cereales, papas, legumbres, verduras, frutas, medicinales y forraje un desarrollo sin ser obstaculizado por las especies acompañantes. Todo el material de poda hasta el grosor de un pulgar puede ser transformado en MRF y aplicado en la misma parcela agroforestal con el fin de lograr una aceleración potenciada de la restauración del suelo.

Según Lemieux la técnica de la MRF es considerada una aliada en la lucha contra el cambio climático por favorecer el secuestro de carbono, contribuir a la regeneración de suelos pobres, empoderar a las comunidades empobrecidas y promover la no dependencia a herbicidas ni fertilizantes artificiales (Lemieux et al., 2000).

#### 4. Preparación y aplicación de la MRF en Mollesnejta – Centro de Agroforestería Andina

En Mollesnejta - Centro de Agroforestería Andina la preparación de la MRF comienza con la recolección de las ramas podadas del grosor igual o menor de un pulgar. Esta medida se debe a la trituradora marca ELIOT con motor Honda de 5 caballos. Por la descripción de la fábrica podría triturar ramas hasta un grosor de 7 cm. La máquina proviene de Europa y ahí las maderas son más suaves, así que logra triturar ramas con este diámetro. En la región semiárida de Bolivia la madera de los árboles es más dura y para conservar los cuchillos es prudente triturar solamente ramas delgadas, que además no tienen un alto porcentaje de ramas resinosas para no atascar las cuchillas. La fragmentación de las ramas se puede realizar también a mano con machete.

Una vez que la madera está fragmentada debe ser utilizada tan pronto como sea posible para evitar que se entre en una descomposición aeróbica comparable con el proceso de compostaje. La MRF se extiende por la zona del suelo que se desea tratar formando una capa no más gruesa de 3 cm. La cantidad recomendada de MRF es de 50 m<sup>3</sup> hasta 300 m<sup>3</sup>/ha con un promedio de 150 m<sup>3</sup>/ha. En *Mollesnejta- Centro de Agroforestería Andina* aplicamos alrededor de 100 m<sup>3</sup>/ha, obteniendo resultados muy positivos. La capa de MRF no se debe enterrar bajo tierra sino mezclarse máximamente hasta 5 cm de profundidad, debido a que los hongos basidiomicetes necesitan condiciones aeróbicas para su desarrollo (Leisola y Garcia 1989). Para asegurar una colonización rápida con el hongo, la MRF deberá estar bien en contacto con la tierra por lo que es necesario rastrillar y crear una capa superficial homogénea que contenga suelo y madera fragmentada a partes iguales.

A continuación, se deberá esperar algunos meses para confirmar que se ha producido la colonización de la MRF por los hongos basidiomicetes. El proceso de colonización lógicamente es mucho más rápido en zonas tropicales que en zonas templadas (Noël, 2006). Durante el primer mes posterior a la aplicación de MRF, el terreno necesitará absorber grandes cantidades de N para satisfacer los requerimientos nutricionales de los microorganismos. Este fenómeno es conocido como “hambre de nitrógeno”. Para combatir esta situación se puede aplicar alrededor de un 1Kg de nitrato de amonio por cada tonelada de MRF fresca (Zongo, 2007). Otra posibilidad es regar la MRF antes de mezclar la misma superficialmente

con la tierra con una solución de 4 litros de agua con 1 litro de orina; así se hace en Mollesnejta para evitar la etapa de depresión en nitrógeno. Con el fin de evitar esta depresión también se puede aplicar la MRF después de la cosecha y esperar tres meses hasta la próxima siembra. Para imitar el proceso natural de reciclaje de nutrientes de los bosques, conviene añadir una nueva capa de MRF cada 2 o 3 años con la cantidad de 150 m<sup>3</sup> - 200m<sup>3</sup> por hectárea (Noël, 2006). El aumento en la fertilidad y calidad del suelo es observable a los 10 años de la aplicación de la MRF y sus efectos perduran por décadas (Lemieux *et al.*, 2000).

## 5. El Biocarbón

El término biocarbón ha sido acuñado recientemente para diferenciar el carbón convencional obtenido en la mina de aquel destinado a mejorar la calidad del suelo (Oliveira *et al.*, et al.2017; Tan *et al.*, et al.2017). Este material se considera una herramienta de gran utilidad en el manejo de los suelos debido a sus propiedades físico-químicas únicas. Su organización molecular negativamente cargada le permite permanecer en el medio ambiente por períodos mucho más largos que cualquier otra forma de carbono orgánico (Zimmerman, 2010). Además, posee una enorme superficie específica derivada de la infinidad de microcavidades que cubren la totalidad de su estructura, llegando valores de 300 m<sup>2</sup>/g. Estas características, sumadas a su condición neutra o ligeramente alcalina, confieren al biocarbón la capacidad de influir en los ecosistemas edáficos de manera notable (IBI, 2015).

El biocarbón ha estado formando parte de la composición del suelo en distintas localizaciones del planeta por miles de años pasando de forma prácticamente inadvertida a la comunidad científica (Schmidt *et al.*, et al.2014). Un claro ejemplo es la llamada “*terra preta*” (tierra negra en portugués), hallada en una gran cantidad de puntos a lo largo de la cuenca del río Amazonas. En estas zonas la tierra tiene una gran productividad y presenta un color negruzco como consecuencia de la alta concentración de materiales carbonizados. La calidad de estas tierras se atribuye a la presencia de biocarbón en concentraciones de hasta un 9%, el cual se conjetura que pudo ser intencionadamente añadido por las comunidades precolombinas como medida para mantener la fertilidad de las tierras de cultivo (Gerlach *et al.*, 2012, 2006).

El efecto inmediato de la aplicación de biocarbón al suelo es el aumento de la disponibilidad de los elementos K, P, N y Zn, así como Ca y Cu, aunque en menor medida. Sin embargo, en lo que se refiere al mejoramiento del suelo, el biocarbón se considera más un facilitador de recursos que una fuente primaria de nutrientes (DeLuca *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, et al.2017). El biocarbón tiene una extraordinaria capacidad de absorción derivada de su alta porosidad y su gran superficie específica cargada negativamente. Los suelos suplementados con biocarbón poseen una capacidad de retención de agua y nutrientes mucho mayor que antes de ser tratados (Rajapaksha *et al.*, 2016; Sombroek *et al.*, 2003). El biocarbón actúa entonces como una esponja situada en el horizonte A del suelo, allí donde se encuentran las

raíces de las plantas cultivadas, ayudando a reducir la lixiviación de agua y nutrientes (Tan *et al.*, 2017). Además, a medida que el biocarbón envejece incorpora un mayor número de cargas negativas en su estructura, lo que potencialmente promueve la agregación del suelo y una todavía mayor capacidad de absorción. (Joseph *et al.*, 2009; Inyang *et al.*, 2010).

Asimismo, se ha observado que el biocarbón tiene otros potenciales beneficios en el mejoramiento de las propiedades químicas del suelo. El biocarbón ralentiza el proceso de mineralización de la materia orgánica permitiendo la acumulación de ésta en el suelo y, por ende, una mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC). (Glaser *et al.*, 2002). Estudios comparativos realizados en parcelas con y sin biocarbón encontraron valores de CIC mucho más elevados en aquellas parcelas suplementadas con biocarbón (Zhao *et al.*, 2015). Del mismo modo, este material puede ser empleado para reducir la salinidad del suelo (Lehmann *et al.*, 2003a; Van Zwieten *et al.*, 2014), disminuir la concentración de contaminantes o incluso modular el pH de suelos ácidos (Rousk *et al.*, 2010; Sparkes y Stoutjesdijk, 2011). Las propiedades físicas del suelo también se ven afectadas después de la aplicación de biocarbón. Estudios previos han constatado que la introducción de biocarbón en suelos infértiles y parcialmente degradados facilitó en gran medida las labores de descompactación (Abel *et al.*, 2013; Chan *et al.*, 2007).

Otro de los beneficios de la aplicación de biocarbón está relacionado con el aumento de la masa microbiana del suelo (Lehmann *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2016). La estructura porosa del biocarbón ofrece microhábitats idóneos para la proliferación de microorganismos. Entonces, el biocarbón mejora física y químicamente las propiedades del suelo proporcionando a los microorganismos un hábitat más favorable para su desarrollo (Lehmann *et al.*, 2011; Gomez *et al.*, 2014). Análisis edafológicos realizados de manera posterior al empleo del biocarbón revelaron aumentos significativos en las concentraciones de micorriza y bacterias actinomicetales (Abujabhah *et al.*; 2016). Asimismo, Ducey *et al.* (2013) confirma que existe una mayor abundancia de microorganismos fijadores de N en suelos suplementados con un 10% de biocarbón.

Todas estas modificaciones del ecosistema edáfico tienen una gran repercusión en el componente vegetativo. De manera general, el uso de biocarbón desencadena una serie de alteraciones físico-químicas que culminan con la consolidación de la fertilidad y calidad del suelo (Agegnehu *et al.*, 2016; Gaskin *et al.*, 2010; Lehmann *et al.*, 2003), lo que a su vez

beneficia el desarrollo de las plantas. Aumentos significativos en el crecimiento de las plantas, así como en su productividad y biomasa radical, han sido observados posteriormente a la aplicación de biocarbón (Abiven *et al.*, 2015; Agegnehu *et al.*, 2015).

Cabe mencionar que no todas las investigaciones obtuvieron resultados positivos al emplear biocarbón en el manejo de los suelos. Algunos estudios sugieren que la aplicación de biocarbón puede generar una indeseada sobrecarga de nutrientes o incluso favorecer la liberación de metales pesados (Tan *et al.*, 2017). Asimismo, la germinación de ciertas especies de plantas puede verse interrumpida con altas concentraciones de biocarbón o se pueden generar procesos de desregulación del pH o de las comunidades microbióticas del suelo (Lehmann *et al.*, 2011). Del mismo modo, en lo que se refiere al crecimiento vegetal o la productividad, numerosos estudios realizados en zonas templadas no observaron ningún cambio significativo en el desarrollo de las plantas tras la aplicación de biocarbón (Borchard *et al.*, 2014; Schmidt *et al.*, 2014).

La aplicación del biocarbón es considerada una técnica de cultivo revolucionaria por promover la productividad de los suelos y simultáneamente contribuir a mitigar los efectos del cambio climático por su rol de sumidero de carbono (Schmidt *et al.*, 2014). Cuando el biocarbón es introducido en el suelo se favorece el secuestro de carbono y, por otra parte, el mantenimiento de la calidad de las fuentes de agua como consecuencia de una mayor retención de nutrientes y contaminantes (Tan *et al.*, 2017; Lehmann *et al.*, 2006; Shackley *et al.*, 2010). Análisis globales han revelado que nada menos que un 12% de las emisiones de efecto invernadero podrían ser reducidas si la tradicional práctica de la “tala y quema” fuese remplazada por la “tala y carbonización”. (Lehmann *et al.*, 2006; Woolf *et al.*, 2010). Además, el potencial del biocarbón como mitigador del cambio climático es incluso superior si se considera su capacidad de recuperar suelos degradados improductivos, ya que de ese modo se reduciría la presión antrópica ejercida sobre otros ecosistemas (Barrow, 2012).

Un efecto del cambio climático en la región semiárida de los Valles Andinos, es la prolongación de la temporada de sequía mayor a lo normal desde el mes de mayo hasta noviembre, y que la cantidad de lluvia se está aumentando cuando hay una precipitación. Entonces, es de suma importancia poder contar con un sustrato que puede almacenar agua y poner a disposición de los cultivos cuando necesitan la humedad. Datos

tomados en Mollesnejta han comprobado, que el carbón en el hoyo de frutales aumenta muy significativamente la capacidad de retención de agua y que éste queda disponible a nivel de las raíces (Middelanis, 2019).

## 6. Elaboración del Biocarbón

El biocarbón se produce a través de un proceso químico irreversible en ausencia de oxígeno llamado pirólisis (Lehmann, 2007). Los dos factores que más influyen en las características finales del biocarbón son el tipo de material empleado en la carbonización y la temperatura de pirólisis (Crombie *et al.*, 2013; Ippolito *et al.*, 2015; Ronsse *et al.*, 2013; Subedi *et al.*, 2016). El modo de preparación del biocarbón es clave para asegurar las propiedades del mismo y poder favorecer la fertilidad del suelo (Agegnehu *et al.*, 2015; DeLuca *et al.*, 2009; Granatstein *et al.*, 2009). Una pirólisis lenta a baja temperatura (350-550°C) producirá un biocarbón con un 30-40% de contenido en C mientras que una pirólisis rápida producirá uno del 12% (Inyang y Dickenson, 2015). El valor del pH del biocarbón aumenta a medida que se incrementa la temperatura de pirólisis debido a un mayor contenido en cenizas (Brewer *et al.*, 2012; Gul *et al.*, 2015; Windeatt *et al.*, 2014).

Existen muchas maneras diferentes de producir carbón, ya que es un proceso bien conocido por el ser humano desde hace miles de años. Infinidad de civilizaciones en diferentes partes del mundo encontraron la manera de quemar madera y residuos orgánicos en ausencia de oxígeno, creando así carbones con diversas propiedades que utilizaban para sus propósitos (Agegnehu *et al.*, 2017). Es precisamente por ello que los grupos de investigación están buscando maneras de producir biocarbón de calidad de manera sencilla y económica. No se necesita una alta tecnología para producir un buen biocarbón como ya demostraron nuestros antepasados. Además, el objetivo principal de los investigadores es difundir esta técnica de mejoramiento del suelo entre agricultores o gente sin muchos recursos (Schmidt, 2012; Shackley, 2014).

En *Mollesneja - Centro de Agroforestería Andina* se trabaja con tres tipos de hornos de biocarbonización: el *KonTiki-Quechua*, el *Hoyo Empedrado* y la *Cocina Pírolisis*.

El *KonTiki-Quechua* es un cono de hierro de 5 milímetros al inverso, creado por los miembros del *Ithaka Institut* en Suiza. Este permite elaborar un producto de alta calidad gracias a un inteligente diseño que optimiza la termodinámica durante la pirolisis. La forma cónica inversa favorece la compactación del biocarbón al fondo de la estructura, así como el mantenimiento de una llama superficial que aísla el proceso pirolítico del oxígeno. El armazón metálico permite reconducir el calor emitido de la pirolisis y la combustión de nuevo al horno, lo que favorece una temperatura

uniforme en la totalidad de la estructura y por tanto un producto con unas características más homogéneas. Otra particularidad del *KonTiki-Quechua* es la doble capa metálica que cubre el cono, la cual permite generar una corriente de aire caliente que asciende por el espacio que separa ambas capas. Ese aire caliente, con una menor cantidad de oxígeno que el aire frío, acaba siendo expulsado hacia a la parte superior del *KonTiki-Quechua* permitiendo la estabilización de la combustión y el aislamiento del proceso pirolítico en las capas inferiores (Schmidt *et al.*, 2014).

Para la elaboración de biocarbón en el *KonTiki-Quechua* se introduce en primer lugar un pequeño montón de leña delgada (grosor de un dedo) dejando una apertura en el centro que actúa como chimenea. A continuación, el montón de leña se prende por la parte superior y se espera hasta que el fuego consuma casi la totalidad de la madera. En ese momento se introduce más leña que ahora puede ser más gruesa (grosor de la muñeca) de forma paralela procurando no dejar ningún espacio vacío en el que pueda penetrar el aire. Cuando se observa que la nueva capa de madera presenta un color gris debido a la formación de cenizas, se añade una segunda capa de troncos (que pueden tener el diámetro de un brazo) de la misma forma. Se repite el mismo proceso con las siguientes capas de madera ahora hasta el grosor de un muslo. Cada vez que aparece una capa de ceniza y se nota más fuego que braza, las llamas son apagadas con una capa nueva de maderas. Se procura no dejar los troncos de mayor grosor para el final porque requieren más tiempo para ser carbonizados. Una vez que todo el material leñoso está carbonizado, se abre la llave del agua, se deja entrar el agua por la conexión del fondo y se espera hasta que el agua cubra la totalidad del biocarbón para terminar de golpe el proceso de pirolisis (Schmidt *et al.*, 2014).

Una vez finalizada la carbonización, la parte inferior del *KonTiki-Quechua* se conecta a una toma de agua para finalizar el proceso pirolítico y hacer que el vapor de agua resultante atraviese la columna de biocarbón. De ese modo, el diámetro de los poros del biocarbón se ve aumentado y se genera un producto de mayor calidad con una incrementada capacidad de absorción (Schmidt *et al.*, 2014).

Alternativamente se puede realizar la carbonización en el hoyo empedrado, que también tiene una estructura cónica con una toma de agua inferior pero construida bajo tierra y con materiales mucho más rudimentarios. Los únicos materiales empleados en su construcción fueron piedras, adobe, un tubo de metal y otro de plástico. El motivo de la creación de este segundo

horno de biocarbonización fue la demostración tangible a los agricultores de que pueden producir biocarbón de calidad sin la necesidad de una inversión económica mayor, como la del *KonTiki-Quechua*.

El proceso de pirolisis en el hoyo empedrado es igual que en el *KonTiki-Quechua* mientras que en la *Cocina Pirolisis* es algo diferente. Esta cocina tiene una forma larga y delgada para recibir exclusivamente leña larga y recta. De este modo entre una y otra leña depositada no entra mucho aire, entonces a pesar que hay un fuego – que sirve para cocinar alimentos – no resulta solamente en ceniza, siempre y cuando a debido tiempo el proceso de pirolisis este frenado echándole agua. El biocarbón de la *Cocina Pirolisis* por lo general contiene algo más de ceniza que el biocarbón de las carboneras.

## 7. Activación del Biocarbón y Aplicación en el Suelo

El biocarbón recién elaborado en las carboneras se encuentra bajo agua, para asegurar la terminación del proceso de pirolisis. Dejando que se seque evaporando éste agua dejará atrás todas las cenizas generadas en el proceso, lo que hará que el biocarbón tenga un pH básico. Es por ello que se recomienda retirar el agua del horno de biocarbonización antes de que se evapore y almacenarla para otros usos en agroecología. Se ha comprobado, por ejemplo, que el agua residual del *KonTiki-Quechua* ha sido efectiva para ahuyentar caracoles y hongos no deseados en huertas agrícolas (Schmidt *et al.*, 2014).

El biocarbón no es fuente de nutrientes para las plantas sino funciona como una esponja. Debido a la gran capacidad absorbente de este material, si se aplica directamente a los terrenos se podrá tener el efecto de la retención excesiva de los nutrientes que tiene el suelo, haciéndolos menos accesibles para las plantas (Agegnehu *et al.*, 2017). Entonces, el paso previo a la aplicación del biocarbón es el proceso llamado “activación del biocarbón”. Para esto el biocarbón antes de introducirlo al suelo es mezclado con un sustrato que lleva nutrientes para el cultivo y materia orgánica para los macro- y microorganismos (Schmidt *et al.*, 2014). De esta manera, el carbón en vez de absorber está poniendo a disposición los nutrientes y la humedad almacenados en sus poros. En *Mollesneja - Centro de Agroforestería Andina* se mezcla el biocarbón con cáscaras de huevo molido en el batán, guanos de llama y burro descompuesto y orines.

A través de análisis de laboratorio se ha podido constatar, que el biocarbón apagado con orina en su proceso de pirolisis absorbe más Nitrógeno (0,41%

Nitrógeno total) que cuando el biocarbón se mezcla directamente con orina en frío (0,18% Nitrógeno total). Este dato es de importancia en el caso de un suelo degradado donde se tiene la intención de sembrar un cultivo con alta necesidad de este macronutriente (Sandoval, 2019).

La *International Biochar Imitative* (IBI), está tratando de determinar qué combinación de características es la más apropiada para crear un biocarbón activado de calidad con la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo (IBI, 2014). Las principales características que determinan la calidad del biocarbón son el valor del pH, la cantidad de C, P y N, la conductividad, la capacidad de neutralizar el ácido, la capacidad de intercambio catiónico y la capacidad de absorción de nutrientes o contaminantes. Sin embargo, todavía no se ha conseguido correlacionar empíricamente ningún parámetro físico-químico del biocarbón con la productividad de los cultivos (Droesch *et al.* 2013).

Una vez que el biocarbón está activado estará listo para su aplicación al suelo. En el caso que su utilización demora unos días se recomienda mantenerlo ligeramente mojado y tapado con una carpa para protegerlo del sol y de la lluvia. Esto conserva la actividad de los microorganismos que alberga el biocarbón activado.

En *Mollesneja - Centro de Agroforestería Andina* la aplicación del biocarbón activado se da por diferentes métodos que todavía se encuentran bajo observación: (a) el biocarbón activado es depositado en los surcos de cultivos como la cebolla o la papa al introducir las semillas o los plantines; (b) el biocarbón activado es mezclado con el sustrato de plantación para los árboles frutales; (c) el biocarbón activado se aplica en un canal alrededor de los árboles frutales que están empezando a producir o ya están produciendo. Esta práctica se realiza cavando un surco en el suelo alrededor del árbol algo más lejos del tronco principal que la punta de la rama más larga de la copa. El surco tiene la profundidad y el ancho de un azadón. Lo que se busca es que las raíces del árbol productivo puedan tener acceso libre a los nutrientes almacenados en el biocarbón según la necesidad del frutal. Cuando el surco está acabado, se introduce el biocarbón activado y se le tapa con la tierra que anteriormente estaba en el surco. Para finalizar la aplicación del biocarbón activado se cubre el suelo con una capa espesa de mulch.

## 8. Conclusión

Un espacio con suelo en proceso acelerado de desertificación es recuperado en tres pasos: la implementación de un sistema agroforestal dinámico con alta diversidad de especies y alta densidad. El manejo de este sistema productivo se da a través de la poda con el fin de dar el espacio y la luz necesarios a las especies productivas. Del material delgado de la poda es elaborada la madera rameal fragmentada y aplicada al suelo, imitando el proceso de construcción de suelo como se lo puede observar en un bosque. Unos años después las ramas que deben ser podadas son tan gruesas que ya no pueden ser trituradas. Ahora, el material de poda sirve para elaborar el biocarbón. Este es activado con una sustancia fertilizante orgánica, mejor si con la orina de los baños secos de los habitantes en el predio y aplicado al suelo. Esta práctica mejora aún más la fertilidad del suelo y su capacidad de almacenar la humedad. A partir de un cierto momento la biomasa que sale del mismo sistema productivo gracias al humus del suelo y su microbiota y microbiota mantiene estable la fertilidad permitiendo que el consorcio sea productivo de manera sostenible.

Apuntando a una difusión mayor de las prácticas de mejoramiento de la fertilidad del suelo arriba descrita, se percibe la necesidad de establecer normas a nivel comunal, municipal y departamental. Un ejemplo: se debería asegurar, que el material para elaborar biocarbón y MRF proviene de la misma parcela agroforestal para evitar la degradación en lugares con vegetación silvestre. Será el aporte de la Geografía Adaptada proponer lineamientos en el ámbito de un desarrollo sostenible, con el fin de que la aplicación de la Agroforestería Dinámica no contradiga sus esfuerzos logrados.

## 9. Bibliografía

- Abiven, S., Hund, A., Martinsen, V., Cornelissen, G., 2015. Biochar amendment increases maize root surface areas and branching: a shovelomics study in Zambia. *Plant Soil* 395, 45–55.
- Abujabrah, I.S., Bound, S.A., Doyle, R., Bowman, J.P., 2016. Effects of biochar and compost amendments on soil physico-chemical properties and the total community within a temperate agricultural soil. *Appl. Soil Ecol.* 98, 243–253.
- Agegnehu, G., Bass, A.M., Nelson, P.N., Bird, M.I., 2016a. Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Sci. Total Environ.* 543, 295–306.
- Agegnehu, G., Bass, A.M., Nelson, P.N., Muirhead, B., Wright, G., Bird, M.I., 2015a. Biochar and biochar-compost as soil amendments: effects on peanut yield soil properties and greenhouse gas emissions in tropical North Queensland, Australia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 213, 72–85.
- Agegnehu, G., Srivastava, A.K. and Bird, M.I., 2017. The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. *Applied Soil Ecology*, 119, pp.156-170.
- Barrow, C.J., 2012. Biochar: potential for countering land degradation and for improving agriculture. *Appl. Geogr.* 34, 21–28. *Plant Prod. Sci.* 18, 491–500.
- Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B., Kimetu, J., 2007. Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agric. Syst.* 94, 13–25.
- Borchard, N., Siemens, J., Ladd, B., Möller, A., Amelung, W., 2014. Application of biochars to sandy and silty soil failed to increase maize yield under common agricultural practice. *Soil Tillage Res.* 144, 184–194.
- Brewer, C.E., Hu, Y.Y., Schmidt-Rohr, K., Loynachan, T.E., Laird, D.A., and Brown, R.C. 2012. Extent of pyrolysis impacts on fast pyrolysis biochar properties. *J. Environ. Qual.* 41, 1115-22.
- Chan, K., van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S., 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Aust. J. Soil Res.* 45, 629–634.

Chepstow-Lusty, A., Winfield, M., 2000. Inca Agroforestry – Lessons from the Past.

[https://www.researchgate.net/publication/282758574\\_Inca\\_agroforestry\\_Lessons\\_from\\_the\\_past](https://www.researchgate.net/publication/282758574_Inca_agroforestry_Lessons_from_the_past)

Crombie, K., Mašek, O., Sohi, S.P., Brownsort, P., Cross, A., 2013. The effect of pyrolysis conditions on biochar stability as determined by three methods. *GCB Bioenergy* 5, 122–131.

DeLuca, T.H., MacKenzie, M.D., Gundale, M.J., 2009. Biochar effects on soil nutrient transformations. *Biochar for Environmental Management*. Earthscan publishing, London, pp. 251–270.

Ducey, T.F., Ippolito, J.A., Cantrell, K.B., Novak, J.M., Lentz, R.D., 2013. Addition of activated switchgrass biochar to an aridic subsoil increases microbial nitrogen cycling gene abundances. *Appl. Soil Ecol.* 65, 65–72.

Gaskin, J.W., Speir, R.A., Harris, K., Das, K., Lee, R.D., Morris, L.A., Fisher, D.S., 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agron. J.* 102, 623–633.

Gerlach, R., Baumewerd-Schmidt, H., Borg, K. Van Den, Eckmeier, E., Schmidt, M.W.I., 2006. Prehistoric alteration of soil in the Lower Rhine Basin, Northwest Germany- archaeological , 14 C and geochemical evidence 136, 38–50.

Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W., 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biol. Fert. Soils* 35, 219–230.

Gomez, J., Denef, K., Stewart, C., Zheng, J., Cotrufo, M., 2014. Biochar addition rate influences soil microbial abundance and activity in temperate soils. *Eur. J. Soil Sci.* 65, 28–39.

Granatstein, D., Kruger, C., Collins, H., Galinato, S., Garcia-Perez, M., Yoder, J., 2009. Use of Biochar from the Pyrolysis of Waste Organic Material as a Soil Amendment. Final Project Report. Center for Sustaining Agriculture and Natural Resources, Washington State University, Wenatchee, WA.

Gruda, N., 2008. The effect of wood fiber mulch on water retention, soil temperature and growth of vegetable plants. *Journal of sustainable agriculture*, 32(4), pp.629-643.

Gul, S., Whalen, J.K., Thomas, B.W., Sachdeva, V. and Deng, H. (2015). Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: Mechanisms and future directions. *Agr. Ecosyst. Environ.* 206, 46-59.

Gustavsson, B.A. 1999. Effects of mulching on fruit yield, accumulated plant growth and fungal attack in cultivated Lingonberry, cv. Sanna, *Vaccinium vitis-idaea* L. *Gartenbauw.* 64:65–69.

IBI, 2014. Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar that Is Used in Soil, IBI-STD-2.0, IBI Biochar Standards. International Biochar Initiative (IBI). [www.biochar-international.org/characterizationstandard](http://www.biochar-international.org/characterizationstandard), Accessed July 15, 2016, p. 60.

Inyang, M. and Dickenson, E. (2015). The potential role of biochar in the removal of organic and microbial contaminants from potable and reuse water: review. *Chemosphere* 134, 232-40.

Inyang, M., Gao, B., Pullammanappallil, P., Ding, W., Zimmerman, A.R., 2010. Biochar from anaerobically digested sugarcane bagasse. *Bioresour. Technol.* 101, 8868–8872.

Ippolito, J.A., Spokas, K.A., Novak, J.M., Lentz, R.D., Cantrell, K.B., 2015. Biochar elemental composition and factors influencing nutrient retention. *Biochar for environmental management. Sci. Technol. Implement.* 137–162.

Joseph, S., Peacocke, C., Lehmann, J., Munroe, P., 2009. Developing a biochar classification and test methods. *Biochar Environ. Manage. Sci. Technol.* 107–126.

Larsson, L. and A. Bath. 1996. Evaluation of soil temperature moderating and moisture conserving effects of various mulches during a growing season. *Acta Agri. Scand. (Sect. B.) Soil and Plant Sci.* 46:153–160.

Lehmann J, da Silva J J P, Steiner C, Nehls T, Zech W and Glaser B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant Soil.* 249: 343–357.

Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J.A.C., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., Crowley, D., 2011. Biochar effects on soil biota – a review. *Soil. Biol. Biochem.* 43, 1812–1836.

Leisola, M.S.A & Garcia, S. (1989) «Lignin degradation mechanism» in «Enzyme systems for lignocellulose degradation» Galway, Ireland, Elsevier publication pp 89-99.

Lemieux, G. & Tétréault, J.-P. (1993) «Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés» édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec (Canada) ISBN 2- 550-28792-4 FQ94-3014, 187 pages.

Lemieux, G. 1985. Essais d'induction de la végétation forestière vasculaire par le bois raméal fragmenté. Département des Sciences Forestières, Université Laval Québec, 109 pages. © ISBN 2-550- 21340-8

Lemieux, G., Germain, D. and Environnement, H., 2000. Ramial Chipped Wood: the Clue to a Sustainable Fertile Soil. Laval University, Coordination Group on Ramial Wood.

Lemieux, G., Lachance, L., 2000. Une tentative d'évaluation de la technologie BRF pour des fins maraîchères. Publication #120. Département des Sciences du bois et de la forêt, Faculté de Foresterie et de géomatique, Université Laval. ISBN 2-921728-52-4, 34 pages

Noël, I.B., 2006. Le Bois Raméal Fragmenté (BRF), un nouvel élan pour l'agriculture bio wallonne? Revue Aggra, #4, mars. 2006. pp. 4-7.

Oliveira, F.R., Patel, A.K., Jaisi, D.P., Adhikari, S., Lu, H. and Khanal, S.K., 2017. Environmental application of biochar: Current status and perspectives. *Bioresource Technology*.

Olson, S.M. 2004. Mulching, Chapter 6, 27–30. In: Olson, S.M. and E. Simonne (Eds.) *Vegetable production guide for Florida*. University of Florida, p. 295.

Pender, J., 2009. The World Food Crisis, Land Degradation, and Sustainable Land Management: Linkages, Opportunities, and Constraints. IFPRI, New York, USA.

Rajapaksha, A.U., Chen, S.S., Tsang, D.C., Zhang, M., Vithanage, M., Mandal, S., Gao, B., Bolan, N.S., Ok, Y.S., 2016. Engineered/designer biochar for contaminant removal/ immobilization from soil and water: potential and implication of biochar modification. *Chemosphere* 148, 6e291.

Ronsse, F., Van Hecke, S., Dickinson, D., Prins, W., 2013. Production and characterization of slow pyrolysis biochar: influence of feedstock type and pyrolysis conditions. *GCB Bioenergy* 5, 104–115.

Rousk, J., Bååth, E., Brookes, P.C., Lauber, C.L., Lozupone, C., Caporaso, J.G., Knight, R., Fierer, N., 2010. Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. *ISME J.* 4, 1340–1351.

Sandoval, S., 2019. Evaluación de la capacidad productiva, retención de humedad y rentabilidad de un cultivo de cebolla (*Allium cepa* var. siban) en un suelo tratado con biocarbón combinado con orina en Combuayo – Vinto. Universidad Católica Boliviana “San Pablo”.

Schmidt, H. and Taylor, P., 2014. Kon-Tiki flame cap pyrolysis for the democratization of biochar production. *Ithaka Journal for biochar materials, ecosystems and agriculture*, pp.338-348.

Schmidt, H.-P., Kammann, C., Niggli, C., Evangelou, M.W., Mackie, K.A., Abiven, S., 2014. Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: influences on plant growth nutrient uptake, plant health and grape quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 191, 117–123.

Seck, M.A. (1993) «Essais de fertilisation organique avec les bois raméaux fragmentés de filao (*Casuarina equisetifolia*) dans les cuvettes maraîchères des Niayes (Sénégal) in Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés» édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec (Canada), p. 36-41.

Shackley, S., Sohi, S., Brownsort, P., Carter, S., Cook, J., Cunningham, C., Gaunt, J., Hammond, J., Ibarrola, R., Mašek, O., 2010. An Assessment of the Benefits and Issues Associated with the Application of Biochar to Soil. Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK Government, London.

Sombroek, W., Ruivo, M.D.L., Fearnside, P.M., Glaser, B., Lehmann, J., 2003. Amazonian Dark Earths as carbon stores and sinks, *Amazonian Dark Earths*. Springerpp. 125–139.

Soumare, M.D., Mnkeni, P.N.S. and Khouma, M., 2002. Effects of *Casuarina equisetifolia* composted litter and ramial-wood chips on tomato growth and soil properties in Niayes, Senegal. *Biological agriculture & horticulture*, 20(2), pp.111-123.

Sparkes, J., Stoutjesdijk, P., 2011. Biochar: Implications for Agricultural Productivity, ABARES, Technical Report 11.6. Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences, Canberra, Australia, pp. 1–63.

- Stadler-Kaulich, N., Perteguer, A. 2018. Más allá de la Agroforestería. El Biocarbón activado y la Madera Rameal Fragmentada: utilización y preparación en Mollesneja. *ReActaNova*, Vol.8, N.4, pp.572-592. ISSN 1683-0789. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1683-07892018000200006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1683-07892018000200006&lng=es&nrm=iso)
- Stevanovic, T., 2006. Constituants du bois et la pédogenèse à partir des BRP – une solution pour un sol durable: mettre en synergie agriculture et foresterie. *Revue Aggra*, #4, mars. 2006. pp. 2-4.
- Subedi, R., Taupe, N., Pelissetti, S., Petruzzelli, L., Bertora, C., Leahy, J.J., Grignani, C., 2016. Greenhouse gas emissions and soil properties following amendment with manure-derived biochars: influence of pyrolysis temperature and feedstock type. *J. Environ. Manage.* 166, 73–83.
- Swanson, B.T. and J.B. Calkins. 1995. Weed control strategies for field- and container- grown herbaceous perennials. *HortScience* 30:824.
- Tan, Z., Lin, C.S., Ji, X. and Rainey, T.J., 2017. Returning biochar to fields: A review. *Applied Soil Ecology*, 116, pp.1-11.
- Middelanis, Th. 2019. Die landwirtschaftliche Nutzung von Pflanzenkohle als mögliche bodenverbessernde Maßnahme in den semiariden Tälern der bolivianischen Anden. Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie. Sommersemester 2019
- Van Zwieten L, Singh B, Joseph S, Kimber S, Cowie A and Chan K Y. 2009. Biochar and emissions of non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases from soil. In: Lehmann J, Joseph S (Eds) *Biochar for Environmental Management*. Earthscan, London. pp. 227–249.
- Wang, J., Xiong, Z., Kuzyakov, Y., 2016. Biochar stability in soil: meta-analysis of de- composition and priming effects. *GCB Bioenergy* 8, 512–523.
- Windeatt, J.H., Ross, A.B., Williams, P.T., Forster, P.M., Nahil, M.A. and Singh, S. (2014). Characteristics of biochars from crop residues: Potential for carbon sequestration and soil amendment. *J. Environ. Manage.* 146, 189-197.
- Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, F.A., Lehmann, J., Joseph, S., 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nat. Commun.* 1, 56.
- Zhao, R., Coles, N., Kong, Z., Wu, J., 2015. Effects of aged and fresh biochar on soil acidity under different incubation conditions. *Soil Tillage Res.* 146, 133–138.

Zimmerman, A.R., 2010. Abiotic and microbial oxidation of laboratory-produced black carbon (biochar). *Environ. Sci. Technol.* 44, 1295–1301.

Zongo, E., 2007. Expériences sur la technique de production dite « Des Bois Rameaux Fragmentés (BRF) » Cas des villages de KINDI et DINDERESSO dans le Centre - Ouest et l'Ouest du Burkina Faso. Colloque Les Rémanents en foresterie et agriculture Les Branches, matériau d'avenir! Lyon, France, February 1st and 2nd, 2007.



Plaza Colón Cochabamba

## **Recomendaciones para un enfoque de sistemas agroforestales bajo la perspectiva de geografía aplicada**

### **1. Introduction**

A partir de los resultados obtenidos en los estudios aquí publicados, se puede destacar que los sistemas agroforestales evaluados muestran aspectos favorables que podrían resultar en una solución al compromiso entre productividad y restauración de suelos. Lógicamente estos sistemas todavía deben ser mejorados en varios aspectos, pero tienen una base que ya les confiere ventajas que hacen que se las deba tener en cuenta dentro de los planes de desarrollo agrícola regionales. En este sentido es que la presente publicación pretende abrir el análisis de los sistemas agroforestales dinámicos a una discusión más amplia, multi o transdisciplinaria, e intersectorial, de manera que se pueda acelerar su discusión y posterior difusión.

En las siguientes secciones, se rescatan elementos, sugeridos para el diseño e implementación de sistemas agroforestales dinámicos en la zona semiárida de Cochabamba. Esta primera visión abarca temas técnicos agronómicos y ecológicos de las parcelas analizadas. Luego se abre la discusión hacia aspectos conceptuales de la agroforestería dentro del ámbito de la geografía de la innovación. Posteriormente se presentan algunas recomendaciones de investigaciones complementarias para una mirada multidisciplinaria. Finalmente se proponen recomendaciones para un modelo de innovación social desde la academia, pensando en el importante rol que puede cumplir este sector para la difusión de la agroforestería. Estos mismos elementos seguramente serán adaptables en alguna medida en otras regiones de la zona andina de Sudamérica, con características biofísicas similares.

## 1.1 Los resultados técnicos agronómicos y ecológicos en sistemas agroforestales

### **Respecto a la producción de biomasa en el sistema agroforestal**

En el contexto de la zona semiárida agrícola, que presenta importantes procesos de degradación de suelos, es necesario lograr una producción elevada de biomasa vegetal. Esto permitirá generar una capa de hojarasca que proteja a los mismos de la erosión y de la desecación. Por otro lado, permitirá aportarla al mejoramiento de los suelos a partir de una mayor acumulación de materia orgánica edáfica. Finalmente, permitirá también aportar con otros productos al sistema de vida de los agricultores, tales como forraje rico en proteína para el ganado en la época seca y leña para el consumo familiar. En el transcurso de los estudios se observaron mayores acumulaciones de biomasa en las parcelas que tienen una mayor densidad de plantas leñosas por hectárea. En este sentido, una recomendación es el diseño de sistemas de alta densidad de especies acompañantes. En el lenguaje de la agroforestería dinámica en sistema de callejones (*alley cropping*) practicada en la zona, la densidad se mide en términos de especies acompañantes que se incorporan en medio de dos especies productivas principales. En este sentido, la alta densidad de especies acompañantes se entendería aquí como la inclusión de al menos 2-3 plantas leñosas, pudiendo ser incluso más.

El concepto de la generación de biomasa es posiblemente el más importante de la innovación social de los sistemas agroforestales dinámicos, ya que permite la capacidad de restauración ambiental. Constituye el cambio paradigmático al conocimiento local convencional, que propone la innovación agroforestal dinámica. En este sentido, requiere un cambio profundo en la mayoría de las personas (agricultores, técnicos) y las instituciones (academia, extensionistas, sector público). Como se explicó en el trabajo sobre Geografía Aplicada, se tiene un capital intelectual base, en las instituciones que promueven la práctica agroforestal (ONG's, algunos gobiernos municipales, academia, agricultores practicantes) que puede servir para encaminar las experiencias en sus primeros pasos. Sin embargo, se debe trabajar todavía en cuanto a sensibilizar a la sociedad para encarar de manera prioritaria el control de los procesos de degradación de la tierra y la restauración, como el único camino para lograr aumentos sostenibles en la productividad.

### **Respecto a introducir como acompañantes especies nativas o exóticas**

Otro factor que incidió en la alta acumulación de biomasa fue la combinación de especies nativas y exóticas. Herbas / Azero muestran algunas recomendaciones de especies nativas y exóticas que tuvieron un alto desempeño en las distintas fases de los sistemas agroforestales estudiados. Durante la primera etapa (1-3 años), tuvieron un alto performance especies principalmente exóticas, tales como acacias (*A. dealbata*, *A. retinoides*, *A. melanoxylon* y *Parkinsonia aculeata*), tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*), ceticio (*Cytisus racemosa*), olmo (*Ulmus pumila*), y retama (*Spartium junceum*). Entre las nativas destacaron en la primera etapa tecoma (*Tecoma stans*), aliso (*Alnus acuminata*) y cedrón (*Aloysia citrodora*). Durante la segunda etapa (4-8 años) sobresalieron por su crecimiento las especies nativas ceibo (*Erythrina falcata*), cedrón, aliso, molle (*Schinus molle*) y pacay (*Inga sp.*); entre las especies exóticas lo hicieron tagasaste, álamo (*Populus alba*), ceticio, acacias y duraznero (*Prunus persica*). En la tercera etapa (9-17 años) tuvieron un mayor crecimiento tipa (*Tipuana tipu*, con una elevada tasa) y jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*) entre las nativas, y pino (*Pinus sp.*), olivo (*Olea europea*) y fresno (*Fraxinus sp.*) entre las exóticas. Por lo general, en 8 de 10 parcelas, las especies acompañantes exóticas aportaron en biomasa un monto mayor al de su participación en número en la parcela, por lo que su inclusión en los sistemas parece importante pensando en maximizar la biomasa. Sin embargo, las especies nativas son importantes en términos de los servicios ambientales, razón por la cual un balance de los dos grupos es justificable.

Para los proyectos de forestación de la región, las instituciones ambientalistas, académicos, colegios profesionales (biólogos, ingenieros ambientales, ingenieros forestales), defienden la importancia de la biodiversidad y las especies nativas. Esto, sin embargo, no se aplica en la práctica de dichos proyectos, ya que lo usual es la plantación de monocultivos, especialmente de eucaliptos y pinos. En este sentido se debe generar mayor experiencia práctica y científica, transdisciplinar, para evaluar correctamente en la práctica, la posibilidad de plantaciones mixtas y difundirlas entre los actores.

### **Respecto a especies nativas propias del piso ecológico**

A pesar de que el 90 % de los sistemas agroforestales dinámicos evaluados (9 de 10) tuvieron entre sus componentes a especies nativas (árboles y arbustos), las mismas no tienen una estrecha relación con las especies

correspondientes al piso ecológico en que se encuentran, en este caso el piso *montano* (Aramasí, Combujo y La Maica) y *altimontano* (Rodeo). Una recomendación en este sentido es incluir a especies representativas de sus pisos ecológicos, en el diseño agroforestal, con el fin de aportar con las especies mejor adaptadas para cada zona, así como aportar también a las funciones ecológicas del sistema productivo. Concretamente, en el piso montano, se incluye frecuentemente al molle (*Schinus molle*) y ceibo (*Erythrina falcata*) en los sistemas agroforestales, y raramente a chirimolle (*Zanthoxylum coco*), lloque (*Kageneckia lanceolata*), jarka (*Acacia visco*) y soto (*Schinopsis haenkeana*). Se sugiere tener en cuenta en mayor medida a las especies citadas, pero incluir además también a la gargatea (*Vasconcellea quercifolia*) y najna (*Escallonia millegrana*). En el piso altimontano de la zona de estudio predomina la khewiña (*Polylepis subtusalbida*) como especie potencial, que muy rara vez es incluida dentro de los sistemas agroforestales.

### **Especies acompañantes: ¿competencia con las especies frutales?**

La evaluación de relaciones árbol-árbol sugirió que, en el caso del cultivo de manzano en sistemas agroforestales dinámicos, que es el *cash crop* más común de la zona de estudio, las relaciones de árboles de manzano entre sí fueron de competencia, mientras que las relaciones entre manzanos y cualquier otra especie acompañante fueron neutras, es decir, ni de facilitación ni de competencia. Esta interesante observación sugiere que sería posible manejar sistemas agroforestales dinámicos de elevada densidad (regularmente hasta 2-4 árboles entre manzanos, que fueron las densidades aquí evaluadas), sin ocasionar disminuciones en el crecimiento y producción normal de los manzanos, siempre y cuando se apliquen prácticas de poda y control del crecimiento de las especies acompañantes. Esta constatación a partir de herramientas estadísticas coincide con las observaciones de los agricultores y técnicos, que manifiestan que los árboles conviven aun estando plantados a distancias menores a 0,5 m de la especie productiva (Peñarrieta / 2018; Vargas / 2018). Será importante ampliar y profundizar estos estudios para tener conclusiones contundentes y definitivas sobre las relaciones entre acompañantes y productores, y en específico, sobre las especies acompañantes particulares con los árboles de manzano y otras especies productoras.

### **¿Cuáles especies acompañantes son las mejores?**

Otro aspecto que se observó acerca de las relaciones entre árboles es que, contrariamente a las hipótesis iniciales del trabajo, no se pudo identificar a especies acompañantes que sean “mejores” que otras. Tanto las evaluaciones estadísticas como las conversaciones con técnicos y productores practicantes de agroforestería, interesadamente no manifiestan que en la práctica ciertas especies “convivan” con los manzanos, mejor que otras. Aunque estos estudios deben ser aún ampliados y generalizados, en primera instancia permitiría justificar el aumento de la diversidad de acompañantes, más que pensar en pocas especies “de mayor calidad acompañante”, desde el punto de vista de los manzanos. Esto más que todo pensando en los beneficios que trae el incremento de la biodiversidad a los sistemas productivos, en el enfoque agroecológico.

### **Comparación de la calidad de suelos de parcelas agroforestales y convencionales**

Con respecto a los cambios en las propiedades del suelo, fruto de la implementación de sistemas agroforestales dinámicos, los estudios de corte transversal, comparando con parcelas convencionales adyacentes, mostraron diferencias significativas. Parámetros clave de calidad del suelo mostraron cambios significativos en el conjunto de las 10 parcelas caso. En algunos casos las diferencias fueron dramáticas, tales como la materia orgánica, que mostró un contenido promedio de 4,81 % debajo de las hileras de árboles, 4,02 % en los callejones de los sistemas agroforestales, y 1,87 % en los sistemas de agricultura convencional testigo. Esto representa un cambio cualitativo, desde un contenido bajo de materia orgánica (menor a 2 %) hasta uno alto (mayor a 4 %), ¡en un lapso de 5-6 años en promedio! Esta diferencia significa, además de todos los beneficios que le brinda la materia orgánica a la calidad y productividad del suelo, un secuestro de Carbono apreciable. Arce / Azero muestran que el sistema agroforestal promedio tiene almacenado en el suelo una cantidad de C de alrededor de 3 a 3,5 veces más que en la biomasa aérea más el mantillo. Esto mostraría de manera clara que en los sistemas agroforestales de esta zona semiárida el reservorio de Carbono más relevante se encuentra en el suelo y no en la vegetación. Por otro lado, muestran también que el contenido de C en el suelo del sistema agroforestal está 2 a 2,5 veces por encima del sistema convencional. Esto refleja el potencial de secuestro de carbono en términos netos de la agroforestería dinámica en relación al sistema convencional y su

acción favorable en el contexto del cambio climático, en las condiciones de la zona semiárida de Cochabamba.

También merece destacarse que en el estudio de suelos, todos los parámetros de calidad física y biológica fueron significativamente superiores en los sistemas agroforestales en comparación con los convencionales. En el caso de los parámetros químicos, la mayoría de ellos fueron significativamente superiores.

Con respecto a la calidad biológica, otro resultado interesante se muestra en Terán / Gutiérrez / Azero (2018), en un estudio realizado en las mismas 10 parcelas agroforestales, en el cual se registró la medición del flujo de CO<sub>2</sub> en muestras de suelo tomadas *in situ*, bajo las hileras y en los callejones. Este estudio encontró diferencias estadísticamente significativas a favor de las hileras en relación a los callejones, mostrando una actividad biológica heterotrófica mas dinámica.

Por otro lado, Terán / Gutiérrez / Azero (2018), con relación al edafoclima, compararon mediciones de temperatura y humedad del suelo debajo de las hileras de árboles, levantados *in situ* con sensores, en relación a los callejones, en las mismas 10 parcelas de estudio. Los resultados mostraron diferencias significativas, donde tanto la humedad como la temperatura eran superiores en los callejones (Terán / Gutiérrez / Azero 2018). En el caso de la temperatura, la influencia de los árboles a través del sombreado, posiblemente explica estos mayores registros en los callejones. El caso de la humedad parece paradójico, sin embargo es explicado por los autores por el hecho de que el estudio se realizó durante la época seca, en la que los callejones tenían cultivos manejados con riego en ese momento.

Analizando finalmente los índices de calidad integral del suelo, se registró una superioridad contundente de los suelos agroforestales, independientemente de la región estudiada, de las características particulares del sistema agroforestal dinámico, del manejo agroforestal y del piso ecológico.

En concordancia con lo anterior, de acuerdo a las percepciones de los productores existen mejoras en los suelos de las parcelas agroforestales, porque la producción se incrementó y porque los suelos están más húmedos y suaves para trabajar (Ricaldi / Montañó / Azero 2018). Esta observación refleja los criterios de productividad evaluados por los agricultores, dado que mientras más produzca el suelo mejor está su calidad.

En general, las diferencias en la calidad del suelo registrados entre sistemas agroforestales dinámicos y sistemas agrícolas tradicionales, se mostraron evidentes y están basados en un conjunto de indicadores, incluyendo indicadores integradores. Frente a la realidad rural de fuertes procesos de degradación de suelos agrícolas, consideramos que la agroforestería dinámica muestra el potencial de ofrecer una posibilidad de transformación, sin un costo excesivo.

### **Importancia de la poda y aplicaciones del material leñoso proveniente de ella**

Un aspecto muy importante de los sistemas agroforestales dinámicos resultó ser el manejo riguroso de la poda durante el invierno y una poda más leve, permanente, durante la época de crecimiento, para permitir un desarrollo más armónico de la integralidad de las especies.

La biomasa obtenida por la poda ofrece dos posibles aplicaciones que aportan de forma significativa al aumento de fertilidad del suelo y su capacidad de almacenar la humedad. Las ramas podadas hasta 3 cm de grosor pueden ser transformadas en madera rameal fragmentada que son la base para el proceso de humificación del suelo trabajo de Stadler Kaulich. Las ramas más gruesas son materia prima para la elaboración de biocarbón, el cual, con su estructura altamente porosa, ofrece hábitat para los organismos en el suelo que aportan a la pedogénesis, la fertilidad del suelo y el almacenamiento de humedad.

### **1.2 Resultados conceptuales: los cambios en sistemas agroforestales y procesos geográficos de innovación**

En términos generales, se ha podido mostrar, que se puede analizar los procesos de manejo de recursos agroforestales con los parámetros del concepto originario de geografía de innovación (Cuadro 1 – Capítulo Geografía Aplicada).

Existen innovadores, en este caso organizaciones no gubernamentales, residentes en la región, con relaciones de trabajo hacia otras regiones de Bolivia.

Si bien es cierto que el concepto original de sistemas agroforestales muestra una orientación decisiva hacia lo “económico”, tal como fue implementada este enfoque en la zona semiárida de Cochabamba, se nota aspectos ambientales (sección anterior) y sociales (trabajados inicialmente, que necesitan ser sistematizados, ver última sección).

El enfoque tradicional de los sistemas agroforestales dinámicos fue creado en una zona húmeda de Bolivia, y su traspaso a una zona semiárida ya representa una novedad.

Se han podido localizar actores de difusión, sobre todo una red de ONGs, con perspectivas de integrar a otros actores como la Universidad Católica Boliviana San Pablo en esta etapa de divulgación de conocimientos en el mundo urbano e intelectual. Considerando que se trata de un proceso relativamente reciente, no existen indicadores de impacto sobre el desempeño institucional a nivel de la red, ni de la universidad. Por la información lograda, una difusión comparativamente débil en el territorio de Cochabamba, se puede constatar que la capacidad de los actores de difusión constituye un elemento clave para los futuros pasos de un proceso de innovación.

Sobre esta base, los resultados relativos a adaptadores de la innovación no pueden ser muy precisos. Sin duda, se tiene que captar el interés de instituciones estatales para multiplicar la idea e integrarla en las políticas departamentales y municipales. Se requiere investigaciones complementarias y se puede especificar el enfoque principal de estas investigaciones (último acápite, parte ciencias políticas y sociología).

Los canales de comunicación son poco estudiados en trabajos tradicionales sobre procesos geográficos de innovación. Basándose en los trabajos de extensión agrícola y estudios universitarios, se puede afirmar, que la importancia de canales de comunicación es crucial en el mundo rural de Bolivia. Se han podido identificar algunos canales existentes - redes de instituciones no gubernamentales y sus formas de interacción, participación de personal universitario – pero no se ha analizado los impactos específicos. La importancia de la comunicación personal (p.e. personas de confianza dentro de un municipio y su opinión), el rol de medios de comunicación (radio, TV e internet), perspectivas y limitaciones que existen en la comunicación entre el mundo rural andino y una zona metropolitana requieren estudios específicos.

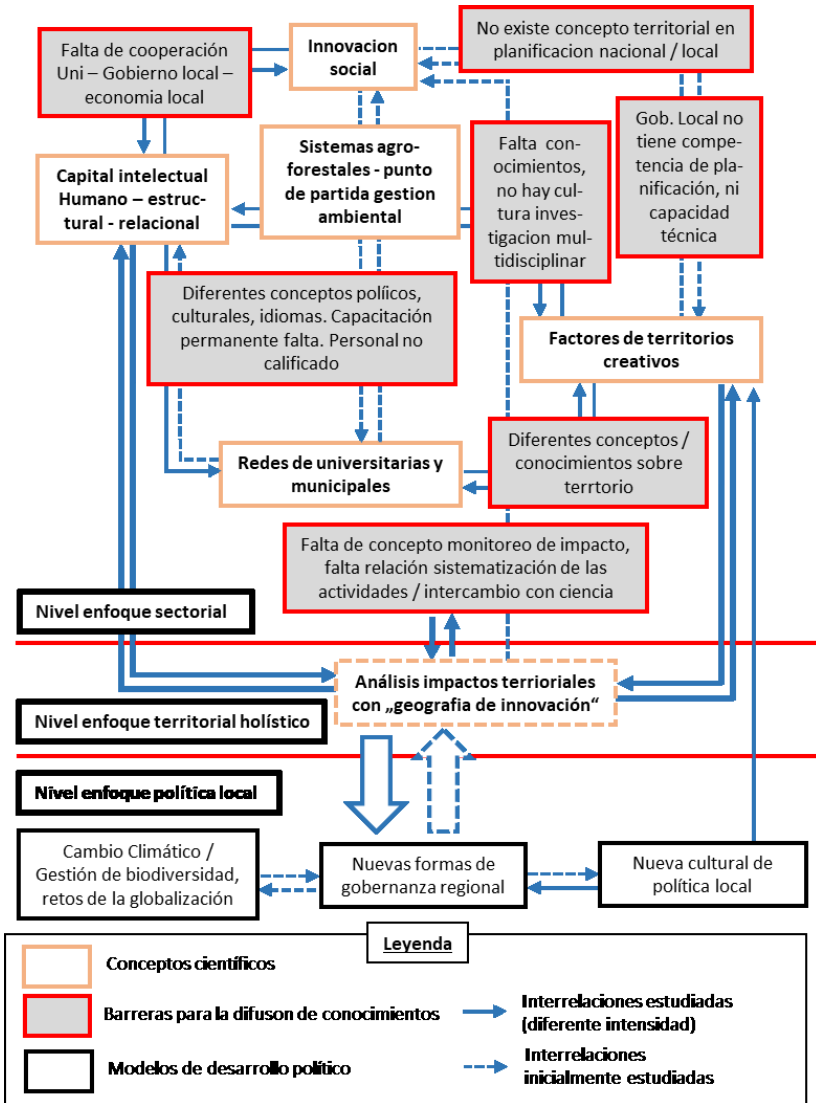
Las barreras existentes son varias, merece mencionarse sobre todo el rol del mundo rural tradicional dentro de las estrategias de desarrollo, apuntando a procesos de modernización (en todos los sectores económicos). Por los conocimientos acumulados hasta el momento, se podría resumir: se ha podido identificar barreras en forma de instituciones y políticas nacionales (es decir: la parte fija de las estructuras institucionales, "*Aufbauorga-*

*nisation*”), parece ser que la parte del funcionamiento (la parte dinámica, cómo interactúan diferentes actores, “*Ablauforganisation*”) tiene más importancia y no está estudiada todavía.

La Figura 1 resume primeros resultados. Existen barreras en forma de cooperación institucional deficiente (Falta cooperación ONG’s - Universidad – Gobierno local), falta de competencias legales o inseguridad “quién tiene competencia de hacerlo” (Gobierno local no tiene competencia de planificación bien definida y/o hay superposición de competencias con otras instituciones, véase también capítulo sobre actores institucionales), falta de conocimientos, especialmente el territorio y su valor para la planificación. El trabajo sobre relaciones funcionales en el territorio y todas las consideraciones sobre adaptar el modelo tradicional de la geografía de innovación a Bolivia, muestran posibilidades para mejorar esta parte de los conocimientos. Quizás de importancia mayor todavía es la falta de conceptos sobre monitoreo de impacto, enfocando sobre todo actuaciones institucionales e impactos generados. Esta barrera incluye, al nivel de actores, una débil cooperación academia – gobiernos locales y sociedad civil. La institución que debe tener un mandato para pensar y elaborar nuevos conceptos de análisis (como monitoreo de impacto), la academia, sólo excepcionalmente trabaja con la visión de “ciencia aplicada”, mirando hacia los problemas de la realidad que requieren respuestas. Los gobiernos locales tampoco buscan específicamente esta cooperación. Merece mencionarse, que la discusión sobre “cómo pasar por las barreas identificadas” tiene que tomar en cuenta la alta diversidad de la sociedad de Bolivia, que implica valores diferentes sobre ciertos conocimientos o formas de usarlas en diferentes partes de la sociedad.

Considerando que se trata de un trabajo de ciencia aplicada, las barreras presentadas se pueden entender también como primeras hipótesis de trabajo para futuras investigaciones más detalladas (véase también último acápite, parte “Geografía”). Por otra parte, merece mencionarse que se ha ampliado el análisis de los impactos de sistemas agroforestales bajo una perspectiva de enfoque sectorial. En el momento que se profundice todavía los estudios sobre impactos territoriales bajo la perspectiva de geografía de innovación, se abre una puerta para incluir nuevos conceptos de política local en la investigación. Los tres conceptos mencionados en este contexto son ampliamente discutidos a nivel teórico, parece ser que en todos los casos hacen falta datos empíricos sobre su utilidad en el Sur Global.

Figura 1: Barreras (de investigaciones necesarios) en un proceso de innovacion social - politica



En resumen, por lo estudiado hasta ahora, se puede concluir que las actividades realizadas en sistemas agroforestales en la parte semiárida de Cochabamba pueden ser interpretadas bajo la perspectiva de geografía de

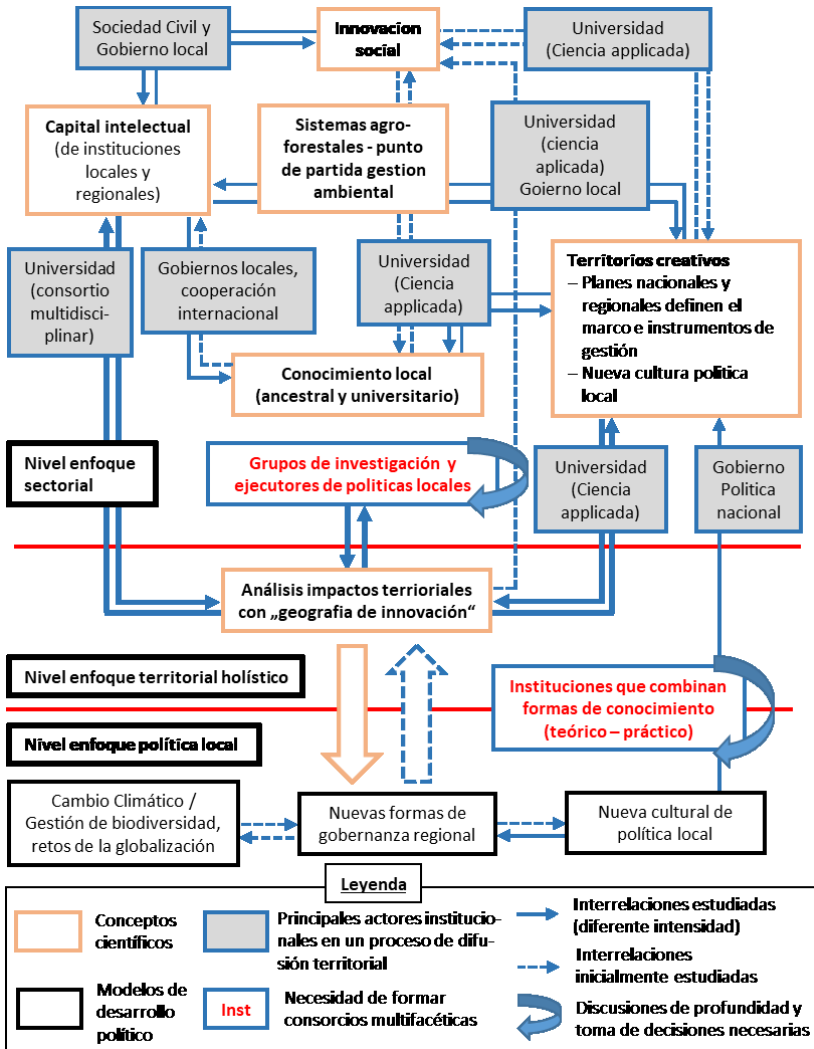
innovación. Una vez que se ha logrado precisar la información sobre los aspectos que faltan en el momento, los resultados aquí presentados tienen una validez bastante general en la zona semiárida de Cochabamba, aspecto que sin embargo merece ser corroborado y matizado, de acuerdo a las variaciones que se observan en esa zona. Los ecosistemas de bosques secos interandinos y puna semihúmeda de Cochabamba se encuentran con ligeras variaciones en muchos espacios en toda la región andina, incluyendo a otros departamentos de Bolivia, el Norte de Argentina, Perú y Ecuador. Por ende, los resultados de las investigaciones presentadas en esta publicación podrán ofrecer alternativas de producción también para zonas específicas en estos países.

### **1.3 Roles de los actores principales para facilitar el desarrollo de los sistemas agroforestales hacia una innovación social**

El desarrollo de la agroforestería en Cochabamba se ha basado inicialmente en el capital humano. Las primeras experiencias de proyectos específicamente agroforestales fueron llevadas a cabo por técnicos y agricultores que recibieron alguna capacitación en el tema, fuera de la región. Estas experiencias se instalaron en parcelas privadas, generalmente individuales. Hasta ese momento, el conocimiento local tradicional sobre agroforestería era prácticamente inexistente, o, en el mejor de los casos, poco estructurado. Los árboles se limitaban a sitios cercanos a las viviendas, más que todo para producir fruta para consumo familiar. O bien en bosquetes para la producción de madera y leña, en monocultivos de pinos y eucaliptos. Virtualmente, a partir de la década de 2010, se comenzó la implementación organizada de parcelas agroforestales.

La figura 2 ilustra el mapa actual de los componentes y actores principales en el desarrollo de los sistemas agroforestales como un modelo de innovación social. En esta representación, la innovación social continua impulsada por la sociedad civil (ONG's, organizaciones sociales de agricultores, empresas, cooperación internacional) y el gobierno local, eventualmente acompañada con el sector académico a partir de acciones de monitoreo y evaluación de los nuevos sistemas (Universidad Católica Boliviana San Pablo), y formación de pregrado, en la carrera de Ingeniería Forestal o en carreras especializadas en agroforestería de unidades académicas rurales (Universidad Mayor de San Simón).

Figura 2: Actores principales para facilitar el desarrollo de sistemas agroforestales hacia una innovación social



En la figura 2 aparecen como conceptos vinculados a la innovación agroforestal, el *capital intelectual* y el *conocimiento local* (Trabajo: Geografía Aplicada), aportando hacia un modelo de *territorios creativos*. Para asegurar la sostenibilidad de la innovación, es esencial el desarrollo y

fortalecimiento del conocimiento local. En este caso, el conocimiento local no parte, como tal, de los saberes tradicionales de la cultura andina, pero incluye algunos principios fundamentales de ese acervo cultural, tales como el manejo de la biodiversidad, la asociación de cultivos, la conservación de suelos, el manejo de microclimas, el trabajo comunitario, el aprovechamiento de especies nativas para fines económicos, la integración de subsistemas (agrícola-ganadero), etc. Sin embargo, además de ellos, incluye conceptos novedosos en la región como es la introducción de árboles en las parcelas, la propuesta de nuevos *cash crops* no tradicionales (esencialmente frutales en esta etapa, pero potencialmente muchos otros, como hortalizas, flores, forrajeras, ...), el manejo del suelo bajo cobertura de mantillo, el aprovechamiento más eficiente del agua, la plantación de leñosas en alta densidad, el manejo de una elevada biodiversidad de cultivos en la parcela (hasta 20-30 especies), el cultivo de especies nativas no tradicionales, el manejo de la sucesión ecológica, entre otros. Este último grupo puede ser denominado como *conocimiento local técnico*, dado que ha sido y es desarrollado en la propia región, por instituciones de carácter técnico.

Por otro lado, se tiene, como un capital intangible del territorio, el capital intelectual, que fue descrito en el trabajo sobre Geografía Aplicada. Se trata de un capital humano, estructural y relacional, esencial para la consolidación de la agroforestería dinámica en la región. En una empresa, el capital intelectual es el activo más importante, dado que incluye a todos los componentes que permiten el saber hacer de la empresa. En el caso de la agroforestería, el capital intelectual es un activo del territorio. El mismo está en un proceso de construcción, a través de la experimentación, evaluación, adaptación y ajuste permanente, que se dan lugar en las diferentes localidades de la región. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre en una empresa, donde su acumulación y capitalización se facilitan debido a que los propietarios de la misma se encargan de promoverlo, en el caso del capital intelectual territorial, debido a los numerosos actores y características locales, se encuentra disperso en las comunidades agrícolas y en las instituciones. En este sentido, la acumulación de este capital sería más eficiente en el caso en que existan procesos de intercambio entre localidades, que permitan a los distintos actores aprovechar los aprendizajes de los otros.

En consecuencia, dado que el conocimiento local y el capital intelectual se encuentran en un proceso de desarrollo y se encuentran a la vez dispersos en el territorio, es importante la presencia de una entidad que coordine este crecimiento. En tal sentido, se propone como recomendación el establecimiento de una comunidad de aprendizaje alrededor de la práctica agroforestal, con un enfoque transdisciplinario orientado a la solución (ver Lang / Wiek / Bergmann / Stauffacher / Martens / Moll / Swilling / Thomas / 2012). Esta comunidad debería reunir a todos los actores de la agroforestería regional y generar espacios para promover la reflexión sobre la práctica agroforestal y sus necesidades, que incluya aspectos esenciales como la tecnología requerida (agrícola-forestal), las necesidades de formación y capacitación, la difusión y sus barreras, las necesidades de apoyo en sistemas de comercialización, la agregación de valor, la necesidad de apoyos específicos por parte del estado, etc. Además de ser un sitio para la reflexión y discusión de necesidades, también deberá ser un sitio para la búsqueda de alternativas de solución para las necesidades detectadas, a partir de los recursos disponibles en la misma región. Y finalmente, deberá ser un espacio para la concreción de esas soluciones a partir de las capacidades de la red de actores relevantes. De esta manera podrían fortalecerse el conocimiento local (tradicional, técnico-científico), el capital intelectual y la innovación social por sí misma. Los actores de estas comunidades deberían ser todos los actores regionales relevantes mencionados, incluyendo a los municipios (gobierno local) y gobernaciones (gobierno regional), comunidades agrícolas u otras organizaciones sociales rurales, empresas, ONG's, cooperación internacional, sector académico, etc., todos ellos reunidos en una plataforma horizontal. Los facilitadores de estas comunidades podrán ser grupos de investigación multidisciplinarios del sector académico, capaces de aportar con metodologías y visiones diversas.

Esta comunidad de aprendizaje también podría aportar a la construcción de un "territorio creativo", en el sentido de Jardon y Gierhake (2018). Se entiende como territorio creativo a aquel que genera innovaciones (Ravbar / Bore / Nared / 2005) a partir del desarrollo del conocimiento (Sveiby 2001). La comunidad induciría al desarrollo de un conocimiento relevante, que responde a la problemática social local, a partir de procesos de investigación aplicada.

La categoría de territorio creativo deberá incentivar también a la creación de sistemas de agregación de valor a la práctica agroforestal, de manera

dinámica y sostenida, beneficiando potencialmente a otros sectores de la población, de manera directa e indirecta. Esta transformación podría realizarse de manera realista, dada la existencia ya de una base de red interinstitucional (Red ECO-SAF) que incluye actualmente a los actores más relevantes: sociedad civil, instituciones privadas y públicas, y sector académico.

## 2. Un modelo de innovación social a partir de la academia

A partir de la experiencia de la agroforestería en Cochabamba, vemos que para el desarrollo de la misma no es suficiente la acción de una sola institución. Todas las instituciones de la red agroforestal dinámica de Cochabamba deben fortalecerse.

En el caso de las instituciones académicas, vemos que su fortalecimiento reviste una especial importancia. La universidad es la única institución que puede aportar a través de un enfoque transdisciplinar de largo plazo que contemple las múltiples áreas de la ciencia que se mencionan en las secciones anteriores. Sin embargo, para esto, la universidad debe transformarse a sí misma a partir de un modelo de innovación social universitaria, tal como el propuesto por Villa (2018). El modelo de Villa (2018), ver Cuadro 1, exige una universidad volcada hacia el exterior, para trabajar proyectos de investigación aplicada desde una perspectiva transdisciplinar. Además, exige una universidad capaz de trabajar en redes interinstitucionales, de una manera horizontal, incluyendo a los sectores público y privado. Finalmente, exige una universidad que se especialice en el desarrollo de métodos de innovación social, en la teoría y la práctica.

**Cuadro 1. Dimensiones de una universidad estructurada para un Modelo de Innovación Social Universitaria Responsable (modificado de Villa, 2018).**

- 1. Dimensión curricular y pedagógica.** Componentes: Formación del alumnado con una orientación hacia el servicio a la sociedad; Desarrollo profesional para el personal universitario; y Respuesta educativa con equidad atendiendo a la diversidad.
  
- 2. Dimensión organizacional.** Componentes: Planificación, gestión, autoevaluación y acreditación institucional; Estructura organizacional; y Cultura organizacional.
  
- 3. Dimensión investigación, desarrollo e innovación.** Componentes: Políticas institucionales de investigación en innovación social; Comunidad investigadora y redes de producción de conocimiento; investigación transdisciplinar; Gestión, transferencia y difusión del conocimiento; y Fomento de la investigación en temas priorizados por las redes.
  
- 4. Dimensión relación con el entorno.** Componentes: Relación con la sociedad, proyectos, contribución al desarrollo del país; Trabajos en red, en relación con la comunidad y con diferentes grupos de interés; Incidencia en políticas públicas; y Generación de conocimiento académico y popular.
  
- 5. Dimensión ambiental.** Componentes: Cultura ambiental; Políticas y sistemas de gestión ambiental; Formación en el área del medio ambiente; Investigación en el área de medio ambiente; y Acción en relación al medio ambiente.
  
- 6. Dimensión de internacionalización.** Componentes: Políticas de fomento de internacionalización; Proyectos de investigación internacionales; Trabajo de enfoque social en redes internacionales; Movilidad académica internacional; y Programas de formación conjunta.

La Universidad Católica Boliviana San Pablo, que es una de las instituciones académicas que se han involucrado en el proceso de innovación agroforestal, ha avanzado en varias dimensiones del modelo. Trabaja (aunque no exclusivamente) desde la perspectiva de la ciencia aplicada, colaborando con redes interinstitucionales. Tiene un programa de largo plazo para el desarrollo rural bajo un enfoque de comunidades transdisciplinarias de aprendizaje, en zonas rurales de Cochabamba (CRI-UCB 2020a). Este programa lo desarrolla en redes interuniversitarias belgas y bolivianas, donde se profundizan aspectos teóricos y prácticos de métodos transdisciplinarios, donde confluyen equipos conformados por distintas áreas: antropólogos, abogados, ingenieros diversos, comunicadores sociales, administradores de empresas, etc., interactuando con distintos

actores de la sociedad rural (CRI-UCB 2020a). Implementa programas de capacitación rural mixtos, con intercambios de experiencias y conocimientos de productor a productor, y también con participación de docentes académicos y estudiantes (CRI-UCB 2020b). Posee tres centros de investigación, en las áreas de ciencias sociales, ciencias económicas y administrativas y ciencias de la ingeniería, donde también se realizan actividades de investigación y extensión en las distintas especialidades (CRI-UCB 2020c). Sin embargo, para operar bajo un modelo de innovación social requiere todavía de adecuaciones estructurales, tales como: definir políticas de investigación en innovación social, ampliar la intensidad de su interrelacionamiento con los actores sociales, ampliar sus capacidades para la incidencia en políticas públicas, intensificar su acción efectiva en proyectos ambientales, desarrollar una oferta curricular para la formación de diferente nivel en la temática agroforestal, entre otras. Estos cambios le permitirán transformarse en un actor mucho más efectivo de la innovación agroforestal y otras innovaciones sociales.

### **3. Recomendaciones para investigaciones complementarias**

El análisis de la producción agroforestal requiere una perspectiva transdisciplinar, que involucre aspectos agronómicos, pecuarios, forestales, ambientales, económicos, políticos, sociológicos, psicológicos, estéticos, etc. Implica también un involucramiento multi-sectorial y multi-institucional. Por todo esto, creemos que es necesario establecer un análisis holístico, o al menos multidisciplinario, para esta innovación.

En este sentido, en las siguientes secciones se proponen algunas recomendaciones de investigaciones adicionales a las técnicas agronómicas/ambientales que aquí se analizaron. Bajo el criterio de la ciencia aplicada, se proponen dichas recomendaciones por disciplinas, de manera que se inicie un primer diálogo con las otras ciencias relacionadas con la innovación agroforestal. Se entiende que esta apertura al diálogo es inicial, lo cual sobreentiende que hay posiblemente muchas otras relaciones que deberán emerger en el proceso de la ciencia aplicada. Se pretende con esto fortalecer la propuesta agroforestal y brindarle a la iniciativa un valor agregado.

## **Ciencias políticas**

- Convendría evaluar el rol de estado y las organizaciones no gubernamentales en la promoción de los sistemas agroforestales, de manera de no duplicar los esfuerzos y definir con claridad el alcance de cada tipo de institución
- Se puede pensar en mecanismos de pago por servicios, de manera que el costo de la subvención no recaiga de manera tan importante en el estado. Una retribución importante para los practicantes agroforestales podría ser por el Carbono fijado, el cual se ha visto que puede ser significativo. En este sentido conviene repensar en la normativa nacional relacionada con los mercados de Carbono.
- Puede vincularse la promoción de la agroforestería con otros programas del estado, tal como el programa "Mi Riego". Los sistemas agroforestales tienen un mayor potencial en zonas de riego. Por otro lado, los proyectos que brindan agua de riego, también requieren de una propuesta más amplia, a fin de que la nueva oferta de agua sea utilizada con una alta productividad, en términos económicos, ambientales y sociales.
- Se requiere un análisis aparte, que enfoque la manera de como la fiscalización y los programas del fortalecimiento institucional son empleados en cada una de las áreas identificadas como estratégicas para la gestión ambiental y qué impacto tienen dentro de una estructura socio-política existente.
- Con instrumentos politológicos se debe investigar las capacidades de la entidad estatal responsable para manejo de la Biodiversidad para realizar su mandato.
- Otras preguntas son: ¿Tienen el apoyo político suficiente para coordinar, por ejemplo, todas las actividades relacionadas con la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad dentro y alrededor de las áreas protegidas? ¿Cuáles fueron los factores principales que limitaron la capacidad de esta entidad en el pasado a nivel político del estado central (limitaciones de presupuesto para operaciones concretas, cambio de directores permanentes, una valorización limitada del puesto del director de la entidad dentro del esquema político que tienen los partidos del gobierno, contradicciones de las propuestas técnicas con aquellas de otros ministerios "con vocación productiva")?

## **Sociología**

- Considerando que los resultados de cualquier propuesta política dependen de su aceptación en la sociedad, parece ser importante,

## Recomendaciones para un enfoque de sistemas agroforestales

analizar con instrumentos de las ciencias sociales, si la población residente conoce el concepto de sistemas agroforestales dinámicos, las limitaciones a corto plazo y las perspectivas en el futuro, y qué papel está jugando este concepto en el contexto de la economía familiar (local).

- Sería importante realizar estudios desde la sociología, con las familias que practican sistemas agroforestales, a fin de analizar su relación con esa forma de producción. Estudios previos (Azero / Herbas 2019) han revelado que algunos agricultores consideran que estos sistemas productivos consumen menos horas de trabajo y de mejor calidad, dado que requieren trabajos menos pesados (en relación a arar o deshierbar, por ejemplo) y no son realizados a la intemperie, como en la agricultura tradicional de la zona. Este aspecto de “trabajar al sol” es importante en la zona andina, por la intensidad de la radiación en estos ambientes secos. Otro aspecto importante es que la agroforestería en muchos casos es llevada adelante por las mujeres de la familia. Sería interesante estudiar las razones de ello, a fin de fortalecer el trabajo con las mujeres.
- Tomando en cuenta las necesidades de los municipios, tanto en servicios sociales / económicos como en sistemas productivos, y considerando también que el presupuesto - de la gran mayoría - de los municipios va a ser pequeño en comparación con todos los proyectos que se podría ejecutar. ¿Qué posibilidades reales existen a nivel municipal para ejecutar proyectos ambientales agroforestales?

### Uso y conservación de los recursos naturales

- ¿De qué manera se integra el aspecto “manejo sustentable de la biodiversidad” en las actividades de extensión agrícola y forestal? ¿Existe una política marco (a nivel del Estado central y/o regional) y hay una capacidad real en el ámbito de la administración sectorial para transformar la política marco y los resultados de estudios anteriores en actividades concretas?
- ¿Existen condiciones para insertar, enfocando sobre todo a las carreras tradicionales como agricultura y ciencias forestales, la temática agroforestal en sus planes de estudio y de investigación, por su incidencia en el desarrollo futuro del sector medio ambiente, tomando en cuenta además las exigencias de una problemática multisectorial que requieran soluciones adecuadas?
- ¿Cuáles son los impactos de la agroforestería sobre la biodiversidad y sobre los procesos de degradación de los recursos naturales?

## **Economía**

- Se debe analizar la producción agroforestal de manera integral, determinando costos y beneficios sociales y privados de estas iniciativas. Este balance dará luces sobre la factibilidad y pertinencia de promover y subvencionar la agroforestería.
- Es necesario evaluar decisiones de promover, y en ese caso subvencionar la actividad agroforestal para pequeños, medianos y grandes productores de la zona semiárida andina. La producción agroforestal dinámica tiene un relativamente alto costo de instalación. Existen varios argumentos para la subvención, la mayoría relacionados con la provisión de servicios ambientales, en especial el control de la erosión, el secuestro de carbono, la recuperación de la biodiversidad local, el mejoramiento del paisaje y la disminución de la escorrentía superficial del agua, la cual podría implicar una mayor recarga de acuíferos y menores problemas de inundaciones y aportes de lodos a las zonas bajas. Todos los anteriores presentan beneficios sociales que van más allá de los límites de la propiedad del agricultor subsidiado. Pero por otro lado, también presentarían beneficios privados para el mismo agricultor, tales como la restauración de la fertilidad de sus parcelas, la generación de productos para la venta y la alimentación familiar, y la adaptación al cambio climático. Posiblemente también aspectos de incidencia social, tales como la reducción de la migración campo-ciudad, la generación de ingresos para las mujeres, la sensibilización respecto a temáticas ambientales, entre otras.
- Se necesitará fortalecer la estructura relacionada con el desarrollo productivo en los municipios, para acompañar procesos productivos de mediano-largo alcance. Se ha sugerido que los productores de sistemas agroforestales requieren un acompañamiento de al menos 5 años para que puedan abarcar las diferentes etapas que conlleva.

## **Psicología**

- Los agricultores que rompen estereotipos establecidos (tal como incluir árboles nativos en los terrenos de cultivo) son con frecuencia observados y, muchas veces, ridiculizados por los vecinos. En este sentido, dichos agricultores deben ser sensibilizados y alentados permanentemente durante las primeras etapas, a fin de que continúen con la convicción con que comenzaron su práctica.

## Geografía

- El enfoque general de designar y actualizar la “Geografía Aplicada” en el contexto de la “transdisciplinariedad” parece ser una vía plausible para analizar resultados de procesos de innovación social en Cochabamba.

Es posible identificar canales de difusión de resultados de investigación en relación con el tema de “innovación social en el Sud Global”. En este sentido, se puede asumir que la difusión territorial de resultados de investigación ya ha comenzado. El hecho de que la difusión de esta investigación ocurre en el cyber espacio, e.g. el internet, define la emergencia de una nueva categoría territorial. La extensión de los territorios virtuales y su capacidad de influir en la difusión y la adaptación de procesos de innovación se constituyen en el sujeto de investigaciones específicas.

Pueden observarse sinergias potenciales entre progresos concretos en la implementación de acciones locales a través del desarrollo de una política multidisciplinaria en América Latina, y resultados documentados al nivel de modelos conceptuales teóricos en Europa. La presente publicación es un intento de ampliar el diálogo entre ciencia y sociedad.

Esta observación general es importante por las siguientes razones:

- a) Investigación reciente sobre la difusión de la innovación, la cual está normalmente enfocada en la innovación económica, asume un proceso territorial casi automático de difusión de unos factores racionales económicos dados (tales como el ahorro de costos y de dinero).
- b) Factores o barreras que promueven o impiden procesos de difusión en América Latina merecen más atención en relación con indicadores relevantes de impactos sociales y factores políticos.
- c) La observación de los impactos de diferentes barreras a las innovaciones sociales, las cuales no involucran generación de renta directa es aún más importante, y especialmente porque los impactos positivos en las innovaciones sociales no pueden ser protegidos por patentes.

Por la razón de que la agroforestería dinámica es un campo que incluye muchos otros ámbitos de la ciencia aplicada, se propone abrir con esta publicación un discurso trans o multidisciplinar y ofrecerlo a las personas interesadas en aportar a las investigaciones científicas para ampliar aún los conocimientos. Mientras mayor cantidad de información se tenga, con mayor peso se puede realizar el lobby a nivel de la política. En Bolivia se tiene la red *Espacio COmpartido en Sistemas AgroForestales* (ECOSAF;

[www.ecosaf.org](http://www.ecosaf.org)) que fue creada para difundir la agroforestería dinámica y puede asumir el rol de crear conexiones entre actores y difundir toda esa información.

## 4. Referencias

Azero, Mauricio / Herbas, Cindy. 2019. Informe de consultoría: Sistematización socioeconómica de parcelas de sistemas agroforestales dinámicos de la zona seca de Cochabamba. Trabajo encargado por AGRECOL Andes y NatureFund.

CRI-UCB. 2020a. Programa Estrategia País VLIR UOS – UCB. Coordinación Regional de Investigación, Universidad Católica Boliviana (CRI-UCB). En: <https://www.ucbcba.edu.bo/programa-estrategia-pais-vlir-uso/>

CRI-UCB. 2020b. Proyectos de investigación de docentes de la UCB y líneas de la UCBS 2020. Coordinación Regional de Investigación, Universidad Católica Boliviana (CRI-UCB). En: <https://www.ucbcba.edu.bo/proyectos-de-investigacion/>

CRI-UCB. 2020c. Centros de Investigación de la UCB. Coordinación Regional de Investigación, Universidad Católica Boliviana (CRI-UCB). En: <https://www.ucbcba.edu.bo/centros-de-investigacion/>

Jardón, Carlos M. / Gierhake, Klaus. 2018. Conocimiento local en territorios creativos: el caso del Distrito Metropolitano de Quito. Instituto de la Ciudad. Quito, Ecuador. Cuestiones Urbanas. Vol. 6 Nº 1

Lang, Daniel / Wiek, Arnim / Bergmann, Matthias / Stauffacher, Michael / Martens, Pim /

Moll, Peter / Swilling, Mark / Thomas, Christopher. 2012. Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustain Sci* (2012) 7 (Supplement 1):25–43

Peñarrieta, Isidro. 2018. Comunicación Personal. Productor agroforestal de Aramasí, Tapacarí, Cochabamba.

Ravbar, M. / Bole, D. / Nared, J. 2005 "A creative milieu and the role of geography in studying the competitiveness of cities: the case of Ljubljana" en *Acta geographica Slovenica*, 45(2), pp.7–34. Disponible en: <http://ojs.zrc-sazu.si/ags/article/view/1230> [accedido el 16 de noviembre de 2015].

Ricaldi, Tania / Montaña, Nelly / Azero, Mauricio. 2018. Percepciones locales sobre los sistemas agroforestales. Casos comunidad Rodeo Centro - Municipio Sacaba, comunidad Aramasí – Municipio Tapacarí, y comunidad La Maica – Municipio Tarata. Cartilla de divulgación. Proyecto PIA-ACC de la Cooperación Suiza en Bolivia, COSUDE.

Sveiby, K.-E. 2001 A knowledge-based theory of the firm to guide in strategy formulation. *Journal of Intellectual Capital*, 2(4), pp.344–358.

Terán, Mayra / Gutiérrez, Melissa / Azero, Mauricio. 2018. Efecto del componente arbóreo de sistemas agroforestales dinámicos sobre la respiración, humedad y temperatura del suelo en el semiárido de Cochabamba. En: Azero Alcocer, Mauricio (Ed.), 2018. Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba: Diez estudios de caso de las comunidades de Rodeo (Sacaba), La Maica (Tarata), Aramasí (Tapacarí) y Combujo y Pairumani (Vinto). Proyecto de Investigación Aplicada para la Adaptación al Cambio Climático, PIA.ACC-UCB.28, Universidad Católica Boliviana San Pablo.

Vargas, Germán. 2018. Comunicación Personal. Coordinador de la Asociación Agroecología y Fe, Cochabamba

Villa, A. (Ed.) 2013. Un modelo de evaluación de Innovación Social Universitaria Responsable, Bilbao





Este libro tiende un puente entre la Geografía Aplicada, una ciencia que busca solución a problemas actuales desde una perspectiva holística, y una propuesta concreta de innovación social, que permite una producción agrícola que mitiga el impacto del cambio climático e inicia procesos de restauración de suelos. Tomando en cuenta perspectivas europeas y latinoamericanas son desarrollados conocimientos multidisciplinarios que ofrecen solución a problemas actuales complejos, como son los ecosistemas degradados. Desde la Geografía Aplicada y su mirada novedosa hacia conocimientos locales innovadores, es apuntada la Agroforestería Dinámica. El lector podrá informarse sobre algunos argumentos a favor de esta técnica productiva que, aún en suelos en proceso de desertificación, permite la producción al mismo tiempo que la restauración del medio ambiente. Los resultados dan la esperanza de que los sistemas agroforestales dinámicos pueden ser aplicados en otras regiones que sufren los impactos del cambio climático, tales como la sequía creciente, las temperaturas extremas y la pérdida de la biodiversidad.

€ 10,99 [D]

ISBN 978-3-944682-51-8



9783944682518