

# Presentación ministro



# Presentación ministro



# INDICE

Capítulo 1. Marco Contexto

Capítulo 2. Tendencias al 2050, respecto a la demanda de alimentos y recursos naturales.

Capítulo 3. El estado actual del recurso suelo en el altiplano boliviano y la soberanía alimentaria

Capítulo 4. Inteligencia Competitiva e Inteligencia Tecnológica: Prospectiva Estrategia e Innovación

Capítulo 5. Estudio de prospectiva

Capítulo 6. Resultados de la prospectiva

Conclusiones

Bibliografía

Anexos



MARCO CONTEXTUAL



CAPÍTULO







## MARCO CONTEXTUAL

La región del Altiplano de Bolivia, en conjunto, constituye una de las zonas con mayor trayectoria de uso de sus recursos naturales, con una larga historia de siglos de interacción entre las sociedades, culturas y los ecosistemas.

Los sistemas sociales y productivos en que se basaban las sociedades que lo han habitado, se asentaba en la utilización permanente y sustentable de los recursos naturales disponibles.

La agricultura, ganadería, minería y recolección, principalmente, han constituido y siguen constituyendo elementos de utilización y control permanente desde las diferentes culturas y sociedades que han vivido en estos espacios; de forma que los paisajes actuales de las distintas zonas del Altiplano, son el resultado de esta actividad interactiva y extractiva.

La ocupación del Altiplano Boliviano viene desde la conformación y extensión de las varias culturas que se desarrollaron en la zona altiplánica y que datan de hasta 60.000 años A.C. como la cultura Viscachanense y otras que se remontan a 1.200 años A.C. Entre las culturas más antiguas del continente están los Urus, que habitan la cuenca del Altiplano, desde hace 4000 años (Klein, 2002).

Las culturas altiplánicas andinas alcanzaron gran influencia en el entorno social y de ocupación del territorio, con un enfoque de colectividad y beneficio común, complejos niveles de la organización socio-económica y equilibrio político, en torno al control y manejo de los recursos naturales andinos.

Resaltan las culturas Viscachanense, la Ayampitinense, la Chiripa, la Wancarani, los Urus y particularmente la Tiwanacota, caracterizada como el primer Imperio Andino, en cuyos dominios se construyó la primera ciudad planificada de la región: Tiwanacu (Klein, 2002).

A lo largo de la historia, estas culturas asentadas a lo largo del Altiplano por siglos, han mostrado una gran capacidad de organizarse colectivamente en la ocupación de territorios altiplánicos y definir las formas de uso de los recursos naturales. Se cuentan con investigaciones importantes que exponen la comprensión de las particularidades de la organización socio-económica, política y la cosmovisión de las etnias andinas, y particularmente del control y la utilización de varios pisos

ecológicos destinados sobre todo a la soberanía alimentaria de sus pueblos. (Murra, 1975).

Desde siempre, el control sobre el territorio y sus recursos han marcado la vida de las diversas culturas, actualmente mayoritariamente aymaras, mantienen latentes algunas formas de ocupación y organización territorial, tales como los, naciones, markas, ayllus y comunidades que comparte una pertenencia étnica fortalecida. Son espacios sociales geográficamente delimitados, con representaciones particulares y dinámicas de producir, convivir y reproducirse que han persistido a través de varios siglos.

La llegada de los españoles desarticula la organización sociocultural que durante siglos ocupó la región, implantando una nueva estructura política de poder sobre las tierras, que se apropia e incrementa considerablemente la explotación de los recursos naturales no renovables. Como apoyo logística a la ocupación del Altiplano, los conquistadores organizan el territorio y fundan ciudades en zonas estratégicas, con funciones de producción, seguridad, almacenamiento y control militar.

En la Colonia y la República, el crecimiento de la producción agro-pecuaria y forestal y la necesidad de combustibles domésticos, urbanos y para la minería, sumado a altos requerimientos del agua, ha incidido de forma particularmente drástica en el ambiente, impactando sobre especies clave como las tholas (*Parastrephia lepidophylla*, principalmente), la yareta (*Azorella compacta*) o las khewiñas (*Polylepis tomentella*, *P. tarapacana*), cuya eliminación o disminución poblacional de forma casi ininterrumpida, tiene como consecuencia un paralelo aumento en la erosión y pérdida de suelos, así como un impacto severo sobre las capacidades de retención por parte del paisaje del agua de las precipitaciones. Sobre todo, y además, en áreas especialmente críticas al respecto, como son las laderas altas de los cerros y las cabeceras de quebradas de las serranías.

El pastoreo por ganado nativo (camélidos) e introducido (ovino y vacuno), con sobrecarga ganadera habitual en muchas zonas y un escaso manejo equilibrado del hato, ha erosionado de forma importante muchas áreas altiplánicas, afectando además a especies dominantes en ecosistemas críticos para el ciclo del agua y como reservorio regulador de la misma;

Así, muchos de los ecosistemas propios de la región del Altiplano, como bofedales y humedales altoandinos en general, tienen una función clave en la economía ganadera

y en el suministro hídrico para las comunidades altiplánicas.

El cultivo preferente durante siglos en los suelos siempre húmedos de los piedemontes del Altiplano norte, o en los glaciares detriticos con suelos profundos del centro y sur del Altiplano, ha determinado la eliminación de grandes extensiones de vegetación natural en segmentos del paisaje como los citados, que son de gran importancia en la captación de aguas freáticas.

Con la persistente explotación y mercantilización de los recursos naturales, cambiaron drásticamente los paisajes naturales del Altiplano y fueron severamente afectados, entre otras cosas, por la gran demanda de combustible por parte de la actividad minera y familias en general, que llevó a una disminución considerable de la vegetación originaria.

Hoy sólo existen pequeños y degradados bosques ubicados en reducidos e inaccesibles lugares. Este fenómeno repercutió en forma directa en la fauna de la región, que al quedar privada de su habitat natural se redujo considerablemente. (Navarro 1992, 1997, 1999, 2002; Navarro et al. 2005, Josse et al. 2003 y 2008, Navarro y Ferreira, 2007)

En la región, las culturas andinas, operan un sistema territorial propio, que no ha sido altamente influenciado por la colonia y la República. Actualmente, en algunas zonas, la administración de territorios y recursos naturales, están ligados a altos niveles de organización social y territorial que deriva de tiempos pre incaicos y precolonial, actualmente inscritas en procesos políticos inéditos, sobre el control local, regional y nacional, conformando la base orgánica del movimiento que sustenta el nuevo Estado plurinacional.

En consecuencia, las actividades extractivas heredadas han mermado en gran manera la posibilidad de mejorar la producción agropecuaria, intensificando los procesos de degradación y desertificación de suelos, reduciendo cada vez más la posibilidad de producir alimentos en la región del Altiplano. Las tareas para recuperación y remediación de suelos han sido importante, sin embargo no han sido suficientes, ello conduce a mirar otras opciones, que sean complementarias a las convencionales y tradicionales, crear un marco de debate y discusión es una tarea prioritaria, y para ello la Prospectiva se constituye en una poderosa herramienta para evaluar y analizar tecnologías emergentes y su posible aplicación en Bolivia, una de ellas es la microbiología de suelos, la fitorremediación y otras.

## PROSPECTIVA EN BOLIVIA

Desde el año 2008, Bolivia ha dado los primeros pasos para impulsar estudios de Prospectiva, con el objetivo de coadyuvar a la toma de decisiones con un mayor acierto y basadas en evidencia científica.

Si bien la Prospectiva es considerada una herramienta complementaria a la planificación territorial y estratégica, este instrumento aún no es muy bien conocido en nuestro medio, por lo cual, el Ministerio de Educación, a través del Viceministerio de Ciencia y Tecnología, conjuntamente con varios investigadores de diferentes ámbitos del conocimiento, se encuentran en la tarea de promover la aplicación de esta herramienta, que resulta muy útil para identificar tendencias y escenarios futuros, y por consiguiente adelantarnos a los hechos.

Es así que en el año 2008, se desarrolló el estudio sobre “El futuro de los productos del Altiplano y los Valles Centrales de los Andes -Plantas Medicinales-”, cuyo objetivo fundamental fue establecer una Visión de futuro y el camino para la producción, comercialización e innovación de productos elaborados a partir de plantas medicinales, que contribuya a desarrollar económica y socialmente la región andina.

En el año 2010, en el marco de un proyecto conducido por el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) de España, se desarrolló un proyecto denominado “El Futuro de los Productos Andinos en la Región Alta y los Valles Centrales de los Andes -Textiles y Camélidos-”, cuyo objetivo fue promover el desarrollo de la región andina, aprovechando la crianza de camélidos, e identificar estrategias para el desarrollo de manera integral. Tres países participaron del mismo: Bolivia, Argentina y Perú.

En el año 2013, el Ministerio de Educación mediante el Viceministerio de Ciencia y Tecnología, en coordinación con especialistas de las Universidades Bolivianas y la Red de Investigadores en Recursos Hídricos, aplicaron el método Delphi para conocer el futuro sobre el agua en Bolivia, haciendo énfasis en su disponibilidad y acceso, así como el retroceso de glaciares, alcanzando resultados muy importantes, y una agenda que establece las acciones prioritarias que se deberían tomar en cuenta en el momento de la formulación de la política, destacando la formación de talentos científicos especializados en el área, con una visión multidisciplinaria del problema.

La Prospectiva Tecnológica normalmente busca identificar las actividades

estratégicas para el desarrollo futuro del país y las tecnologías asociadas a ellas. Se entiende por tecnologías aquellas denominadas “duras”, ligadas directamente al proceso productivo, y aquellas llamadas “blandas”, esto es, relativas a los procesos de gestión, diseño y formación de talentos.

Para el año 2015, observando que el tema de agua va acoplado al manejo del suelo, y considerando que nuestro país, según datos del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, presenta un 42% de áreas afectadas por la desertificación, convoca nuevamente a investigadores pertenecientes a la Red Nacional de Investigadores en Remediación Ambiental e investigadores independientes para evaluar oportunidades tecnológicas orientadas a remediar y recuperar suelos con proyección al 2025.



TENDENCIAS AL 2050,  
RESPECTO A LA DEMANDA  
DE ALIMENTOS Y RECURSOS  
NATURALES.



CAPÍTULO







## TENDENCIAS AL 2050, RESPECTO A LA DEMANDA DE ALIMENTOS Y RECURSOS NATURALES.

En el año 2050 la población mundial será de 9.100 millones de personas, un 34% superior a la de hoy en día, y prácticamente la totalidad de este incremento de la población tendrá lugar en los países en desarrollo. La urbanización continuará a un ritmo acelerado y aproximadamente el 70% de la población mundial será urbana (lo que en la actualidad alcanza una cifra del 49%). Para alimentar a esta población, más numerosa y más urbana, la producción de alimentos (excluyendo los alimentos empleados en la producción de biocombustibles) deberá aumentar un 70%. La producción anual de cereales habrá de aumentar desde los 2.100 millones de toneladas actuales hasta los 3.000 millones, mientras que la producción anual de carne deberá aumentar en más de 200 millones de toneladas hasta alcanzar los 470 millones.

En promedio, las inversiones netas anuales en la agricultura de los países en desarrollo, necesarias para conseguir el incremento de la producción requerido, ascenderían a 83.000 millones de dólares americanos. La brecha mundial entre la cuantía de las inversiones necesarias y los niveles actuales de inversión puede ilustrarse mediante la comparación entre las necesidades de inversión anual bruta de 209.000 millones de dólares americanos (en los que se incluye el coste de la renovación de las inversiones que se deprecian) con el resultado de un estudio separado que estimó que en la última década los países en desarrollo invirtieron, en promedio, 142.000 millones de dólares americanos (de 2009) anuales en la agricultura. El aumento necesario es, por lo tanto, del 50%. Estas son las cantidades totales correspondientes a las inversiones públicas y las privadas, es decir, las inversiones realizadas por los agricultores. Para poder disponer de dichas cantidades será necesario realizar una redistribución considerable de los presupuestos de los países en desarrollo y de los programas de los donantes. Además, se requerirán políticas que apoyen a los agricultores de los países en desarrollo y los animen, tanto a ellos como a otros participantes en la agricultura del sector privado, a aumentar sus inversiones.

En los países en desarrollo, el 80% del incremento de la producción requerido procedería del aumento del rendimiento y la intensidad de los cultivos, en tanto que tan sólo el 20% procedería de la expansión de las tierras cultivables. Sin embargo, en el ámbito mundial el índice de crecimiento del rendimiento de los principales cultivos cereales ha disminuido de manera continua y pasó del 3,2% anual en 1960 al 1,5% en 2000. El desafío al que se enfrenta la tecnología es invertir esta disminución, ya que un incremento lineal continuado del rendimiento en el ámbito mundial tras la tendencia registrada durante las últimas cinco décadas no será suficiente para

satisfacer las necesidades alimentarias. Aunque las inversiones en investigación y desarrollo (I+D) agrícola siguen siendo una de las inversiones más productivas, con unas tasas de rendimiento de entre el 30% y el 75%, se han dejado de lado en la mayoría de los países de ingresos bajos.

En la actualidad, la investigación y el desarrollo agrícola en los países en desarrollo están dominados por el sector público, por lo que inicialmente las inversiones adicionales tendrán que proceder de los presupuestos gubernamentales. Con el fin de aumentar las inversiones del sector privado habrá que abordar cuestiones relativas a los derechos de propiedad intelectual, al tiempo que se garantiza un equilibrio para que no se reduzca el acceso de los pequeños agricultores a las nuevas tecnologías. El hambre puede persistir a pesar de existir un suministro total suficiente debido a la falta de oportunidades de ingresos para los productores y a la ausencia de medidas protectoras sociales eficaces. La experiencia de los países que han conseguido reducir el hambre y la malnutrición muestra que el crecimiento económico no garantiza automáticamente el éxito, sino que el origen del crecimiento también desempeña un papel importante.

El crecimiento derivado de la agricultura, en particular del sector en pequeña escala, es al menos el doble de eficaz a la hora de beneficiar a la población más pobre que el crecimiento derivado de sectores no agrarios. Este hecho no resulta sorprendente, ya que el 75% de la población pobre de los países en desarrollo vive en zonas rurales y sus ingresos están vinculados directa o indirectamente a la agricultura. La lucha contra el hambre requiere también medidas específicas y prudentes en forma de unos servicios sociales extensivos que incluyan la asistencia alimentaria, la salud y el saneamiento, y la educación y capacitación, prestando especial atención a la población más vulnerable.

Muchos países seguirán dependiendo del comercio internacional para garantizar su seguridad alimentaria. Se calcula que en 2050 las importaciones netas de cereales de los países en desarrollo se habrán multiplicado por más de dos y, así, habrán pasado de los 135 millones de toneladas en 2008/09 a los 300 millones. Ésta es la razón por la que es necesario avanzar hacia un sistema de comercio mundial que sea justo.

La reforma de las políticas de apoyo a la agricultura en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) es una medida positiva que ha dado lugar a la reducción del coeficiente de distorsión del comercio total desde el 0,96 en 1986 hasta el 0,74 en 2007. No obstante, claramente todavía es posible mejorar. También es necesario apoyar a los agricultores de los países en desarrollo y facilitarles el acceso al mercado para que puedan competir de manera

más equitativa. Con vistas a estar mejor preparados ante futuras perturbaciones del sistema mundial, los países también deben considerar medidas conjuntas, como la acción coordinada para abordar las posibles crisis alimentarias, la reforma de las normas comerciales y la financiación conjunta para ayudar a la población afectada por un nuevo repunte de los precios o por catástrofes localizadas.

El cambio climático y el incremento de la producción de biocombustibles constituyen graves riesgos para la seguridad alimentaria a largo plazo. A pesar de que los países del hemisferio sur no son los principales causantes del cambio climático, podrían sufrir la mayor proporción de las repercusiones en forma del descenso del rendimiento y del incremento de la frecuencia de los episodios meteorológicos extremos. Según los estudios realizados, se calcula que los efectos negativos totales del cambio climático sobre la producción agrícola africana hasta 2080-2100 podrían situarse en el 15-30%. La agricultura tendrá que adaptarse al cambio climático pero también puede ayudar a mitigar los efectos del mismo, a través de las útiles sinergias entre la adaptación y la mitigación.

La producción de biocombustibles a partir de productos agrícolas se multiplicó por más de tres desde el año 2000 hasta 2008. En 2007-08 la cantidad total de cereales secundarios utilizados en la producción de etanol alcanzó los 110 millones de toneladas, alrededor de un 10% de la producción mundial. El aumento del uso de los cultivos alimentarios en la producción de biocombustibles podría tener graves implicaciones para la seguridad alimentaria. Según un estudio reciente, se calcula que la rápida expansión continuada de la producción de biocombustibles hasta el año 2050 haría que el número de niños en edad preescolar subnutridos en África y Asia meridional fuese 3 y 1,7 millones mayor, respectivamente, que si tal expansión no existiera.



EL ESTADO ACTUAL DEL  
RECURSO SUELO EN EL  
ALTIPLANO BOLIVIANO Y LA  
SOBERANIA ALIMENTARIA



CAPÍTULO





## CAPÍTULO 3.

### EL ESTADO ACTUAL DEL RECURSO SUELO EN EL ALTIPLANO BOLIVIANO Y LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

Vladimir Orsag

El Altiplano boliviano, ocupa aproximadamente cerca al 13 % del territorio nacional, hasta hace unas décadas atrás era la región más poblada del Bolivia y una de las principales productoras de alimentos que abastecían al resto del país, sin embargo, esta situación en la actualidad ha cambiado sustancialmente.

Esta región ubicada en el Occidente del país, presenta en general suelos de baja fertilidad natural: con texturas extremas (suelos arenosos en el Altiplano Sur o suelos arcillosos en la llanura fluvio lacustre del Altiplano Central), o predominio de arena y limo en la capa arable, con bajos o muy bajos contenidos de materia orgánica, lo que hace que sean muy frágiles ante un uso inadecuado. De acuerdo a su Capacidad de Uso, estos suelos están clasificados dentro de las clases III, y IV (Tierras Arables) y en mayor porcentaje dentro de las clases V, VI, VII y VIII (Tierras No Arables), todos con limitaciones importantes de clima (escasas precipitaciones y heladas en gran parte del año), topografía y suelos.

En la actualidad los suelos de esta región del país, están sometidos en mayor o menor grado a procesos de degradación por causas naturales (sobrepastoreo, ampliación de la frontera agrícola, minería, manejo inadecuado de suelos, agua, maquinaria agrícola y otros) o naturales, que a mediano y largo plazo podrían poner en riesgo la producción sostenible de alimentos y la soberanía alimentaria.

Uno de los problemas centrales que presenta la región es la erosión y pérdida de sus suelos por agentes erosivos como la lluvia, agua de escurrimiento, vientos y otros (MDSMA-Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente -Secretaría de Conservación de Tierras,1996).

Diferentes investigaciones realizadas en esta región, sobre la cuantificación de la pérdida de suelos por erosión hídrica o eólica, bajo diferentes cultivos, pendientes de terreno, formas de manejo del suelo y otros, muestran que existen importantes pérdidas de este recurso y sus nutrientes. La siembra del cultivo de papa en surcos en sentido de la pendiente es muy común en esta región, y a partir pendientes mayores a 5% ya se presentan problemas de escurrimiento y por consiguiente de arrastre del suelo (Molina, 1986; Orsag et.al.,1992). La siembra en surcos en sentido de la pendiente, se debe principalmente a que las parcelas de cultivo son más largas que

anchas, donde es más cómodo abrir los surcos a lo largo de esta y por otro lado les permite controlar de mejor manera la excesiva humedad (especialmente en el cultivo de papa). Sin embargo, este manejo puede incidir en la pérdida de la fertilidad de los suelos agrícolas a mediano y largo plazo. De la misma manera Quelca (1998) ha podido evidenciar la pérdida de suelos (erosión eólica e hídrica) debido a la extracción de la thola (*Parastrephia lepidophylla* Wedd) para ampliar las áreas de cultivo (quinua, cebada y otros), en razón de que los suelos quedan desprotegidos y expuestos a los vientos, agua de escurrimiento y lluvias.

El deterioro de los suelos, luego de la cosecha de los cultivos anuales (papa, cebada, quinua y otros) en gran parte del Altiplano, debe ser motivo de preocupación, en razón de que los suelos a partir de los meses de abril y mayo (inicio de la época seca), quedan con escasa cobertura vegetal (rastros) y además son sometidos al pastoreo, impidiendo la reposición de la materia orgánica. Como los contenidos de materia orgánica en los suelos del Altiplano en general son de bajas a muy bajas, existe mayor riesgo de deterioro de sus otras propiedades físicas (estructura, porosidad, infiltración y almacenamiento del agua) químicas (CIC, poder tampón, etc.), situación que no permite garantizar la actividad microbiana y mantener la fertilidad del suelo. Por otro lado, los suelos agrícolas pastoreados en la época seca, quedan pulverizados y muy susceptibles al arrastre por el viento o agua.

La parcelación excesiva que están sufriendo principalmente las tierras de cultivo en el Altiplano Norte y Central, está provocando una mayor presión sobre este recurso. Los agricultores ante esta situación, se ven obligados a disminuir drásticamente los periodos de descanso (de 5, 7, o más años, a sólo 3, 1 ó 0 años de descanso); situación preocupante, en razón de que estos periodos de descanso practicados de manera tradicional en esta región, favorecían de alguna manera la recuperación de las propiedades del suelo y por consiguiente a restablecer la fertilidad de estos suelos frágiles.

Como la ganadería es una de las actividades más importantes en esta región, se puede observar que la agricultura está fuertemente influenciada por esta actividad. En ese sentido, en las cédulas de cultivo de los agricultores predominan en gran medida los cereales (principalmente cebada y avena para forraje), lo que favorecen el deterioro de las propiedades del suelo, debido principalmente a las características de estos cultivos (arquitectura erecta de la planta, macollaje escaso con hojas que se desarrollan casi de manera longitudinal al tallo y por lo tanto, no protegen adecuadamente los suelos). Como los cereales se cultivan en la parte final de la rotación de cultivos, no se utiliza abonos orgánicos (estiércol) y además no se los aporca durante su desarrollo, situación que facilita la compactación de la capa arable. Esta situación en los terrenos en descanso y al inicio de la época seca



facilita la pérdida de la humedad residual del suelo por capilaridad, incrementando en algunos casos los niveles de salinidad. Asimismo, bajo estas condiciones y cuando se presentan algunas lluvias ocasionales, la infiltración y almacenamiento de agua en el perfil del suelo es poco efectiva.

Por otro lado, extensas áreas del Altiplano Central (llanura fluvio lacustre del río Desaguadero), están sufriendo procesos de degradación irreversible por acumulación paulatina de sales y/o sodio en el perfil del suelo. Entre las principales causas antrópicas que incide sobre estos procesos se tiene al sobrepastoreo, riego con aguas de mala calidad, extracción de la Thola y otros como el cambio climático. En algunas zonas bajo riego del Altiplano Central (provincias Aroma y G. Villarroel del departamento de La Paz; y Saucarí, T. Barron y Cercado de Oruro), se ha podido evidenciar procesos de acumulación de sales y/o sodio más acelerados, debido al uso de aguas de mala calidad (río Desaguadero), especialmente en tierras que presentan algunas limitaciones como texturas pesadas y drenaje deficiente (Orsag y Miranda, 2000 y 2004).

Estos procesos de acumulación de sales y/o sodio al margen de provocar el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos e incrementar su susceptibilidad a los procesos erosivos (lluvia, escurrimiento y viento), están provocando la disminución o desaparición de las coberturas vegetales (forrajes), como los chijis (*Distichlis humilis* y *Muhlenbergia fastigiata*) y otros, en razón de que no se desarrollan fácilmente bajo estas condiciones, lo que incide de gran manera sobre la principal actividad de la zona (ganadería de ovinos, vacunos y otros).

La presencia de metales pesados (elementos traza), principalmente en algunos suelos del Altiplano Central, debe ser un motivo de estudios más profundos y búsqueda de soluciones efectivas, en razón de que estos podrían afectar, la salud de nuestros suelos y la calidad del agua para producir alimentos inocuos (de origen vegetal y animal). Esta situación se debe principalmente a las características geológicas y mineralógicas complejas y de carácter polimetálico de la zona Montes de Oca, (1989), ricos en elementos traza como el Pb, Co, Cd, Zn, Sn, Cu, As y otros, los que pueden ser tóxicos, cuando sus niveles sobrepasan los límites de referencia y que de acuerdo a su biodisponibilidad pueden ser absorbidos por las plantas y afectar la calidad de los alimentos y la salud del hombre. Estos elementos se van acumulando paulatinamente en el organismo (huesos, tejidos y órganos), debido a su escasa biodegradación, provocando graves enfermedades y daños a la salud.

El uso de maquinaria agrícola en los suelos frágiles del Altiplano, si bien ayuda a aliviar las labores en el campo, su uso inadecuado (en suelos preparados con escasa o alta

humedad u otros), puede favorecer el deterioro de estos, en vista de que los suelos de esta región presentan una alta susceptibilidad a la erosión, debido a sus bajos contenidos de materia orgánica y predominio de limo y arena en la capa arable, lo que incide en la escasa y débil estructuración de los suelos (condición que favorece el arrastre de las partículas sueltas del suelo por el agua o viento) . En ese sentido, el uso excesivo de maquinaria agrícola, bajo condiciones de humedad extrema, pueden compactar o pulverizar fácilmente los suelos.

En la actualidad, el Altiplano boliviano (sur), se constituye en la región más importante para la producción de la Quinua Real, a pesar de presentar suelos poco desarrollados, debido a las condiciones naturales que han intervenido en su formación (escasas lluvias, bajas temperaturas y otros factores) y de baja fertilidad natural. Esta región, está comenzando a sufrir importantes procesos de degradación de sus recursos naturales (cobertura vegetal, suelos y agua), debido principalmente a la ampliación de la frontera agrícola que se ha dado en las últimas décadas (la superficie cultivada de quinua en esta zona se ha incrementado varias veces los últimos 30 años), como resultado de la alta demanda en el mercado internacional y sus precios elevados. Su siembra en la actualidad, se está dando en grandes extensiones y sin la implementación de prácticas de manejo y conservación de suelos de manera integral (cortinas rompevientos, coberturas vegetales, labranza mínima, rotación de cultivos y otros), situación que deja los suelos desprotegidos durante gran parte del año (luego del barbechado en enero para su siembra en agosto y septiembre y luego de las cosechas de abril a mayo) y sometidos a las inclemencias climáticas.

La intensificación de la siembra de quinua con maquinaria agrícola en un sistema de casi monocultivo, la disminución de los periodos de descanso, la incorporación de menores dosis de estiércol, entre otros, están incidiendo negativamente en la fertilidad de estos suelos, y por otro lado, en una mayor presencia de plagas y enfermedades que incide directamente sobre los rendimientos.

Para entender y comprender de mejor manera el comportamiento de los suelos en esta zona semiárida y con suelos de origen volcánico, es importante considerar lo que mencionan Porta, López-Acevedo y Roquero (1994), las características de sus minerales primarios y la de sus arcillas mineralógicas secundarias.

Los minerales primarios del suelo-granos y agregados microcristalinos como cenizas volcánicas y fragmentos heredados de las rocas originales (arena y limo o partículas mayores)-pueden servir para definir el nivel de nutrientes y sus reservas (basado en el contenido de minerales interperizables que liberan paulatinamente nutrientes para las plantas). Sin embargo, en el Altiplano Sur, debido a las escasas precipitaciones, déficit hídrico durante gran parte del año y las bajas temperaturas la intemperización y la liberación de nutrientes de los minerales predominantes es muy

baja, lo que hace pensar que la incorporación de estiércol que practica el agricultor, es fundamental para el desarrollo del cultivo (Orsaget. et. al. 2011). Asimismo, las cenizas volcánicas, si se presentan en suficientes cantidades en las fracciones de arena y limo, proporcionan menor densidad a los suelos, mayor capacidad de retención de agua y mayor fijación de fosfatos. Los minerales arcillosos (arcilla) de las zonas volcánicas, también según estos autores podrían jugar un papel importante en la retención e intercambio de cationes o aniones y agua en el suelo. Sin embargo, según estudios realizados sobre la mineralogía de los suelos del Intersalar (Orsag, et. al.2011), muestran que en estos suelos predomina la cuarcita, cuarzo, sanidina, albita y otros, y dentro las arcillas están las illitas y montmorillonitas pero en cantidades muy pequeñas. En ese sentido, en estos suelos del Intersalar no existen arcillas típicas de los suelos volcánicos de otras regiones del mundo (más húmedas y calientes).

Los problemas y procesos de degradación que se presentan en el Altiplano boliviano pueden a mediano y largo plazo impedir que sus diferentes municipios alcancen la Soberanía Alimentaria. En ese sentido, estos problemas deben ser atacados y atendidos de manera continua e integral y contar con el apoyo económico adecuado para frenar o mitigar su avance. Para que las acciones a aplicar sean sostenibles en el tiempo se debe entender y comenzar a trabajar en el país dentro de una lógica que vaya más allá de causa-efecto, y comenzar a capacitar y concientizar a los productores en la necesidad de incorporar a sus sistemas productivos en primera instancia prácticas preventivas (prácticas agronómicas) antes que remediar, pero la situación actual y en situaciones críticas nos conlleva a pensar en ambas posibilidades.

Por otro lado, es necesario reflexionar sobre las políticas y estrategias asumidas por los diferentes gobiernos de turno para luchar contra este flagelo, debido a que por falta de continuidad o recursos económicos suficientes no han tenido los impactos necesarios. Asimismo, las opciones tecnológicas planteadas para la remediación y/o recuperación de los suelos del Altiplano, debe tener una base de investigación sólida y de tipo participativo, donde la ciencia (avances tecnológicos) y los conocimientos y saberes locales y tradicionales que se han manejado en el pasado se puedan complementar adecuadamente (previa validación para las condiciones y cambios socioeconómicos actuales). Por otro lado, es necesario partir de las experiencias negativas que han tenido en el país la mayoría de los programas y proyectos de manejo y conservación de suelos y que no han permitido hasta el momento junto a otros factores lograr una lucha efectiva y frontal contra la desertificación del Altiplano. De la misma manera, es importante considerar de manera oportuna y dinámica la conservación de los suelos frente a la mayor incidencia que está teniendo el cambio climático sobre el deterioro de nuestros suelos.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Chambi, L. (2010): Evaluación de la Presencia de Metales Pesados en Suelos Agrícolas y Cultivos de tres micros cuencas del Municipio de Poopó. Tesis de grado Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz- Bolivia.

Chura, J (2010): Determinación de la Cobertura Vegetal y Capacidad de Uso de los Suelos del Municipio de Poopó (Sector Veinteimedia), Tesis de grado, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz- Bolivia.

FAUTAPO, (2008): Fertilidad, uso y manejo de suelos en la zona del Intersalar, Departamentos de: Oruro y Potosí, Oruro- Bolivia.

Mamani, L. (2011): Evaluación Agrosto-Edafologica del municipio de Poopó (Sector Oeste) Tesis de grado, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz-Bolivia.

MDSMA-Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente -Secretaría de Conservación de Tierras (1996): Mapa preliminar de erosión de suelos – Regiones árida, semiárida y subhúmeda seca de Bolivia (Memoria Explicativa), Centro de Información para el Desarrollo, La Paz- Bolivia.

Molina, P. Efecto de Tres Formas y Dos Densidades de Siembra en Cebada Sobre la Erosión Hídrica de Un Suelo en el Altiplano. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía -UMSA, La Paz, Bolivia.

Montes de Oca, (1989): Geografía y recursos naturales de Bolivia. Ministerio de Educación y Cultura, La Paz- Bolivia.

Noras, P. (1982): Impacts of minerals industry on the environment in some areas of the departments of Oruro and Potosi, Bolivia a preliminary study of stream waters and sediments, Ministerio de Minería y Metalurgia de Bolivia - Oruro.

Orsag, V; Miranda, R. (2000): Evaluación del impacto de riego con aguas del río Desaguadero sobre la salinización, sodificación y acumulación de metales pesados en suelos y vegetación. Informe Principal. ALT, La Paz, Bolivia.

Orsag, V.; Oroz, R. y Jarandilla V. (2006): Características edáficas de los cauchiales en el Altiplano Central de Bolivia y algunas consideraciones para su manejo sostenible”. En Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria de la Facultad de Agronomía - UMSA, Vol. 1, Nº 1, p 18-30. La Paz, Bolivia.

Orsag, V. (2006). El manejo y conservación de suelos y algunas consideraciones para mejorar su efectividad y sostenibilidad. En Diagnostico Ambiental de Bolivia 2010. LIDEMA, La Paz - Bolivia; p 309- 315.

Orsag, V. (2010): Degradación de suelos en el Altiplano boliviano: Sus causas y

algunas medidas para su mitigación. En Estado Ambiental de Bolivia 2009-2010. Impresiones SOIPA LTDA. LIDEMA,p 317– 323.

Porta, J.; López-Acevedo , M. ; C. Roquero , 1994. Edafología Para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. MADRID.

Quintanilla, J.; Coudrain-Ribstein, A.; Martínez. ; Camacho, V. 1995. Hidroquímica de las aguas del Altiplano de Bolivia. Bull Inst. Fr. Etudes andines, 24 (3) 461-471.

Zapata, L.; Fernández, F. (1994): Evaluación de azufre, arsénico, plomo y antimonio en suelos y plantas de sus Alrededores y la Ciudad de Oruro. Empresa Metalúrgica de Vinto-Oruro.



Foto V.Orsag: Sobrepastoreo de praderas nativas en Caquiaviri- La Paz.



Foto V.Orsag: Degradación de suelos por acumulación de sales y/o sodio en el Altiplano Central de Bolivia.



Foto V.Orsag: Acumulación de lodos provenientes de la minería en suelos de Iroco -Oruro.



Foto V.Orsag: Erosión de suelos de terrenos en el Altiplano Norte, debido a la siembra en surcos en sentido de la pendiente, parcelas demasiado largas y sin prácticas de conservación de suelos.



Foto V Orsag: La Extracción de la Thola, es otro de las causas que favorece la degradación de suelos al dejarlos descubiertos y sometidos a la acción de los agentes erosivos (agua y viento).



Foto V. Orsag: Suelos degradados en las inmediaciones de Uncia, debido al sobrepastoreo, situación que favorece la acción de los agentes de erosión.





INTELIGENCIA COMPETITIVA  
E INTELIGENCIA TECNOLÓGICA:  
PROSPECTIVA ESTRATEGIA  
E INNOVACIÓN



CAPÍTULO





# Inteligencia Competitiva e Inteligencia Tecnológica: Prospectiva Estrategia e Innovación

Raúl Trujillo Cabezas<sup>1</sup>

Coordinador de investigación y desarrollo CPEP Universidad Externado de Colombia

Presidente Fundación de Investigación y Prospección Empresarial – FARO

[raul.trujillo@uexternado.edu.co](mailto:raul.trujillo@uexternado.edu.co), [consultoria@faro-lighthouse.org](mailto:consultoria@faro-lighthouse.org)

## Introducción

Desde el surgimiento de las organizaciones tribales, las ciudades estados, los reinos, los grandes imperios y las naciones estado las capacidades de inteligencia han sido tradicionalmente reconocidas como un atributo propio de las estructuras de poder que facilita información de calidad a los tomadores de decisión (Warner, 2002). Sin embargo desde los últimos ochenta años las denominadas capacidades de inteligencia se han extendido como una práctica organizacional integrada al quehacer empresarial a favor de facilitar la toma de decisión ya no solo de quienes están a la cabeza del estado, más ahora de quienes ejercen la dirección en conglomerados empresariales globales o en pequeñas organizaciones empresariales.

Las capacidades de inteligencia se han desarrollado a lo largo de la historia humana gracias al surgimiento de diversas fuentes de información y métodos de recolección complementarias a las tradicionales fuentes humanas; particularmente entre los años 80s se introdujo la inteligencia de mercados y luego hacia mediados de los años 90s la inteligencia competitiva como resultado de los aprendizajes alcanzados en las prácticas de inteligencia estatal ahora aplicables a las necesidades de negocio (Walle, 2001); situación semejante ocurre con la inteligencia tecnológica particularmente incentivada por el desarrollo de la Internet, la implementación de múltiples repositorios digitales de propiedad intelectual y el surgimiento de herramientas informáticas que automatizan los costosos procesos operativos asociados.

El presente capítulo tiene el propósito de central la discusión alrededor de la inteligencia competitiva y de la inteligencia tecnológica tomando como centro de

---

1 Coordinador de investigación y desarrollo, Centro de Pensamiento Estratégico y Prospección – Universidad Externado de Colombia. Presidente de la Fundación de Investigación y Prospección Empresarial FARO. Correo electrónico: [trujillo.raul@gmail.com](mailto:trujillo.raul@gmail.com), [consultoria@faro-lighthouse.org](mailto:consultoria@faro-lighthouse.org), [raul.trujillo@uexternado.edu.co](mailto:raul.trujillo@uexternado.edu.co)

discusión la reflexión prospectiva estratégica. En cuanto respecta a la inteligencia competitiva los asuntos claves a desarrollar contemplan una aproximación en antecedentes y una propuesta de definición, la distinción entre la inteligencia estratégica nacional y la inteligencia competitiva, la revisión del ciclo tradicional de inteligencia en razón a reconocer la inteligencia organizacional como una inteligencia holística para favorecer las capacidades de innovación, el monitoreo de redes sociales (social media), y la identificación de oportunidades de negocio como insumo para el mapeo de negocios en conexión con la innovación. Respecto a la inteligencia tecnológica el guión a desarrollar a semejanza con lo propuesto en inteligencia competitiva comienza con el abordaje de antecedentes y definición complementados con recomendaciones respecto a propiedad intelectual, el análisis de megatendencias y la construcción de mapas de tendencias tecnológicas que favorezcan la identificación de mapas tecnológicos (roadmapping), la referencia a enfoques de aplicación de la inteligencia competitiva; para cerrar la discusión sobre inteligencia tecnológica proponiendo un modelo de innovación para las pymes y desarrollando una propuesta de integración con el modelo prospectivo estratégico.

## La inteligencia competitiva

La inteligencia competitiva tan solo hacia mediados de los años 90s comenzó a ser reconocida como una competencia organizacional clave para los tomadores de decisión, tan importante como otros procesos de negocios lo pueden ser tales como el mercadeo, las ventas, la investigación y desarrollo, la gestión de talento humano, las finanzas y tesorería, la gestión de riesgo o las operaciones (Grant, 2005). Por supuesto un factor precursor que favoreció el reconocimiento de la inteligencia competitiva como práctica clave en los entornos de negocio fue la publicación del profesor Michael Porter de su libro titulado “Estrategia Competitiva” (Porter, 1980), y un segundo factor por supuesto ha sido la convergencia entre los nuevos desarrollos en ciencias computacionales y el acelerado cambio de la dinámica competitiva global impulsando múltiples propuestas académicas e investigaciones que comenzaron a proveer soporte conceptual y metodológico (Prescott, 1999).

### Antecedentes y concepto

Entre las obras destacadas vale mencionar a (Porter & Millar, 1991), (Stahl & Grigsby, 1992), (Ashton & Stacey, 1995), (Fuld, 1995), (Kananer, 1996), (Drucker, 1998), (Achard, 1998), (Calof & Skinner, 1999), (Prescott, 1999), (Krizan, 1999), (Prescott & Miller, 2001), (Barabasi, 2002), (Grant, 2005) abordando la inteligencia

económica, desarrollando elementos informacionales a favor de la gestión estratégica organizacional desde la práctica de inteligencia nacional, cubriendo aspectos relativos a la inteligencia técnica en los negocios, profundizando los elementos conceptuales de la inteligencia competitiva, re-formulando el ciclo de inteligencia, definiendo las reglas de gobernanza, estimulando el desarrollo de códigos de ética, y proponiendo las técnicas de análisis entre otros abordajes. Todos estos y muchos más esfuerzos han dado forma a lo que hoy se reconoce formalmente como prácticas en inteligencia competitiva.

Existen múltiples definiciones posibles respecto al significado de inteligencia competitiva, en mención al presente libro una propuesta es la siguiente:

La Inteligencia Competitiva implica, usar eficientemente y efectivamente la información a favor de la toma de decisión al disponer de imágenes menos imperfectas pues se hace posible ver con claridad; reconociendo la estrategia más conveniente y la oportunidad de actuar tempranamente gracias al conocimiento disponible

La inteligencia competitiva resulta una práctica que ayuda a los tomadores de decisión a enfrentar el reto de su rol, tomar decisiones más convenientes y tempranas en razón de los desafíos circundantes y de los objetivos previstos. Por supuesto poner en marcha tal tipo de práctica implica conciliar habilidades y destrezas alrededor de los pasos necesarios para obtener información de la suficiente alta calidad que sea determinante para la toma de decisión, es decir que resulte de valor estratégico para los tomadores de decisión.

Sin embargo los resultados esperados a través de las prácticas de inteligencia competitiva no pueden ser reconocidos como “productos terminados” más si como “productos en proceso” en razón a la dinámica de cambio que la suma de evidencias, hechos, datos, piezas de información y su tratamiento aportan en la línea de tiempo de los acontecimientos haciendo que los resultados deban ser interpretados como una imagen que aporta mayor claridad sobre la dinámica del acontecer del ecosistema de análisis, que según corresponda al volumen de recursos dispuestos y a la sofisticación alcanzada es posible obtener un “producto en proceso” que puede ser interpretado como una caricatura hasta una pintura descriptiva y en ocasiones se

hace posible lograr una pintura al óleo. Entre tanto la validez y reconocimiento de las actividades en inteligencia logran su valor en la medida en que alcanzan mayor grado de anticipación, atributo que resulta de sustantivo valor en la medida que se hace posible avanzar desde la recopilación de evidencias ciertas que conllevan alcanzar inferencias atiborradas de obviedades (por la frecuente baja calidad de las fuentes y características de las piezas informacionales disponibles) a inferencias basadas en minuciosos análisis a partir de señales débiles extraídas del entorno.

Proporcionar información de inteligencia para los tomadores de decisiones una arista del ciclo de inteligencia competitiva el cual bien puede ser incipiente en razón a que se concibe un proceso lineal de inteligencia donde los tomadores de decisión actúan como sujetos pasivos del proceso al ser receptores de los “productos en proceso” obtenidos. Por supuesto el ciclo de inteligencia competitiva puede alcanzar estados de evolución altamente elaborados interactuando en sistemas sociales complejos donde el uso intensivo de herramientas computacionales, la interdisciplinariedad y las prácticas colaborativas basadas en concepto de redes resultan esenciales para elevar la calidad y naturaleza de los “productos en proceso”.

A pesar de lo relevante y sensato que resulte abordar o desarrollar capacidades de inteligencia es aún poco reconocido y esta poco arraigada en la mente de los tomadores de decisión las prácticas en inteligencia competitiva en particular porque durante muchos años las acciones de los equipos de inteligencia estaban centradas en responder a demandas tácticas para responder ante movimientos relativamente evidentes en la arena competitiva. Tan solo en las décadas recientes y particularmente con el amplio reconocimiento de enfoques alrededor del campo de los estudios de futuro como lo es la prospectiva, la oportunidad de aprovechar la inteligencia competitiva para elevar las habilidades de análisis estratégico a favor de los tomadores de decisión claves la convierte en soporte para reconocer, entender y evaluar que pudiese pasar hacia el futuro y por tanto contribuir efectivamente en la formulación de la planeación estratégica prospectiva.

Una vez abordadas las primeras aproximaciones sobre la inteligencia competitiva la distinción entre las prácticas de inteligencia estratégica nacional y la inteligencia competitiva aplicada al entorno de negocios es el siguiente aparte a desarrollar.

### La inteligencia estratégica nacional y la inteligencia competitiva

Según Warner (2002) la inteligencia estratégica nacional puede ser definida en el

sentido de que la “Inteligencia es una actividad de estado secreta para entender o influenciar entes extranjeros” extendiéndose su práctica desde la segunda guerra mundial al ser reconocida como clave para la toma de decisiones de estado. El ciclo de inteligencia bien desde las necesidades de inteligencia nacional o desde la inteligencia competitiva se corresponde a seis pasos comunmente conocidos. Estos son:

- v Definición de asuntos claves de interés
- v Actividades de recolección
- v Actividades de clasificación y/o caracterización
- v Actividades de análisis
- v Procesamiento y distribución de resultados
- v Evaluación para aseguramiento que las actividades de inteligencia se corresponden a las necesidades de los tomadores de decisión

Entre las prácticas de la inteligencia competitiva y las de inteligencia nacional surgen un importante número de distinciones en razón a sus objetivos. Veamos:

Definición de asuntos claves de interés<sup>2</sup> (ACI). Una de las distinciones entra las dos prácticas tiene que ver con la orientación de los ACI en términos de los ámbitos de acción; justo con ello la variedad de los ACI puesto que desde la inteligencia nacional los asuntos a abordar bien pueden corresponder a una amplia heterogeneidad agrupados por múltiples dimensiones de análisis, mientras en la orilla de la inteligencia competitiva en muchas ocasiones se establece un alcance más limitado en principio por los ámbitos de acción organizaciones y en muchos otros casos por la disponibilidad de recursos para desarrollar las prácticas de inteligencia.

Actividades de recolección. Una segunda distinción tiene que ver con el empleo de medios tecnológicos, pues en el ámbito de la inteligencia competitiva hoy es posible emplear herramientas informáticas que permiten hacer seguimiento de la actividad de aliados o de competidores a partir del seguimiento a su actividad en medios digitales y junto a ello el uso intensivo de variatos tipos de metabuscadores para seguimiento de actividad de negocios y en la mayoría de las ocasiones lo relativo a los registros de propiedad intelectual en cualquiera de sus manifestaciones. Mientras tanto en el ámbito de la inteligencia nacional existen muchas otros dispositivos particularmente dirigidos a la intersectación cuyo uso debe estar acompañado de

---

2 Entendidos como los KIT (Key Intelligence Topics) por sus siglas en inglés.

convenientes marcos regulatorios. Las fuentes humanas representan un asunto a ser tratado con perspectivas distintas allegando implicaciones heterogéneas y en muchos casos antagónicas, en donde el trabajo individual anónimo o basado en arreglos colaborativos son una de las tantas alternativas a ser consideradas. Por supuesto, cuales quieran los medios, fuentes y tipos de piezas de información previstas en las actividades de recolección, tanto para la inteligencia competitiva como para la inteligencia nacional pueden obtener información secreta siendo cuidadosos en el cumplimiento de la ley.

Actividades de clasificación y/o caracterización. Un aspecto esencial desde la inteligencia competitiva tiene que ver con el monitoreo del entorno de modo que se hace posible reconocer los movimientos de los actores claves o emergentes en la arena competitiva; similar enfoque puede ser empleado para abordar necesidades relativas a identificar tendencias o reconocer señales débiles que sean determinantes para estimar comportamientos de clientes o anticipar el surgimiento de nuevas tendencias tecnológicas posiblemente disruptivas haciendo posible detectar amenazas o identificar oportunidades. En términos generales el objetivo claves es desarrollar las capacidades que permitan desde el análisis elaborar imágenes o “Big Picture” sobre la dinámica que ocurre en el entorno (Fuld, 2007).

Actividades de análisis. En ambas prácticas de inteligencia competitiva y de inteligencia nacional resulta un reto poder procesar evidencias recolectadas para estimar con suficiente certeza comportamientos<sup>3</sup> que permitan tomar acciones proactivas o conseguir alertas de cambios que pueden ocurrir en el entorno y por supuesto interpretar su significado (Prescott, 1999). En ambos enfoques la habilidad catalítica resulta clave para proveer de información de alto valor a los tomadores de decisión. Gracias a los avances alcanzados desde relativos emergentes nuevas disciplinas como las de ciencias sociales computacionales el camino hacia el desarrollo de estas habilidades<sup>4</sup> muestra un panorama prometedor.

Procesamiento y distribución de resultados. Los equipos de inteligencia bien sean basados en esquemas centralizados, semi-distribuidos, distribuidos o colaborativos en red generalmente permanecen muy cercanos a los tomadores de decisión en particular y con ocasión de los tópicos tratados en el presente libro en atención

---

3 Entre las técnicas más populares se encuentran el ABM (modelación basada en agentes autónomos) y el SNA (análisis de redes sociales) por sus siglas en inglés.

4 Entendidas como prácticas basadas en modelación y simulación con aplicaciones tradicionalmente conocidas como lineales o bien como no lineales soportadas en ciencias de la complejidad.



a obtener insumos para asegurar el direccionamiento estratégico. Desde la perspectiva de la inteligencia competitiva los insumos logrados además pueden alimentar las áreas de mercadeo, investigación y desarrollo, operaciones y de planeación satisfaciendo necesidades estratégicas y tácticas.

Evaluación para aseguramiento que las actividades de inteligencia se corresponden a las necesidades de los tomadores de decisión. En ambas prácticas de inteligencia competitiva y de inteligencia nacional resulta un permanente desafío reconocer la vigencia de medio, corto y largo plazo de las ACI.

Las capacidades de inteligencia y el ciclo de inteligencia tradicionalmente aceptado están experimentando un nuevo proceso de aceleración gracias al Big Data pues permite contar con novedosas herramientas analíticas de información donde el concepto de analítica se refiere al uso de prácticas de procesamiento científico en entornos de negocio o para la seguridad nacional (Harrysson, Metayer & Sarrzin, 2012) donde por supuesto resulta de la sistemática acumulación y procesamiento –tendiente a ser en tiempo real- de ingentes volúmenes de información obtenidas principalmente desde las nuevas dinámicas sociales basadas en redes sociales y la Internet de las cosas entre otras posibilidades. Por supuesto surgen nuevas perspectivas de análisis tanto para la inteligencia competitiva como para la seguridad nacional que tienen que ver con la denominada inteligencia de fuentes abiertas OSINT (Open Source Intelligence) por sus siglas en inglés desde la cuales sea posible reconocer tendencias, preferencias y percepciones de grandes audiencias o amplias comunidades de negocio (Barnea, 2013).

### El ciclo tradicional de la inteligencia competitiva

El ciclo de inteligencia como se le reconoce trata como trabaja el proceso de inteligencia que hoy se reconoce en tres ámbitos de aplicación: Seguridad nacional, entorno de negocios y entornos legales. Junto a los ámbitos mencionados las características y roles del personal de inteligencia donde la construcción de redes de relaciones resulta crítica.

Resulta comprensible reconocer la amplia variedad de organizaciones que emplean de manera permanente prácticas relativas a inteligencia competitiva, un buen caso de ello lo expresan las palabras del CEO de Cisco Corp John Chambers “Entendemos el mercado, la competencia y - lo más importante - cómo nuestros competidores piensan ... yo tengo una idea bastante buena de lo que serán sus próximos dos

movimientos” (USA Today, 2013). En tal contexto traducir los elementos teóricos hacia la práctica del ciclo de inteligencia competitiva resulta un paso clave hacia la disponibilidad adecuada de recursos como de la correcta valoración de los resultados posibles por alcanzar.

El ciclo tradicional de inteligencia competitiva como es reconocido aborda por supuesto los momentos de planeación y direccionamiento donde los ACI resultan sustancialmente importantes, las actividades de recolección, las actividades de clasificación y/o caracterización, las actividades de análisis, el procesamiento y distribución de resultados, y la evaluación para aseguramiento de las actividades de inteligencia se correspondan a las necesidades de los tomadores de decisión. Tan sencillo como hacer una búsqueda en Google de imágenes relativas al ciclo de inteligencia competitiva es posible reconocer patrones de diseño comunes adoptados para diversas necesidades, tal como las figuras 1, 2, 3 y 4 lo ilustran.

La figura 1 y 2 muestran diseños semejantes en tanto seis los pasos previstos en el ciclo de inteligencia, sin embargo la propuesta de la figura 1 muestra un esquema tradicional habitualmente reconocible en las propuestas teóricas, mientras en la figura 2 se muestra como la orientación de la inteligencia provee soporte a los asuntos de direccionamiento estratégico aunque conserve un diseño semejante. La figura 3 propone un ciclo de inteligencia competitiva dirigido a responder las demandas de áreas de mercadeo y ventas conservando un diseño constituido por seis pasos. Sin embargo en la figura 4 la relativa al FBI<sup>5</sup> se hace evidente la necesidad de establecer como factor determinante de la actividad de inteligencia una fase de requerimientos. Los cuatro esquemas aunque con evidentes similitudes de diseño según lo ilustrado en las cuatro figuras mencionadas muestran diversas adaptaciones bien correspondan a la concepción teórica, a aplicaciones para direccionamiento estratégico, respuesta a necesidades de mercadeo y ventas o por supuesto en lo que corresponde a seguridad nacional entre otras posibilidades. Para los cuatro diseños de inteligencia competitiva las actividades de recolección son el componente común.

---

5 FBI, Federal Bureau of Investigación por sus siglas en inglés.



Figura 1. Esquema de IC #1

Fuente: [www.acc-consultina.com](http://www.acc-consultina.com)



Figura 2. Esquema de IC #2

Fuente: [www.simoninternational.com](http://www.simoninternational.com)

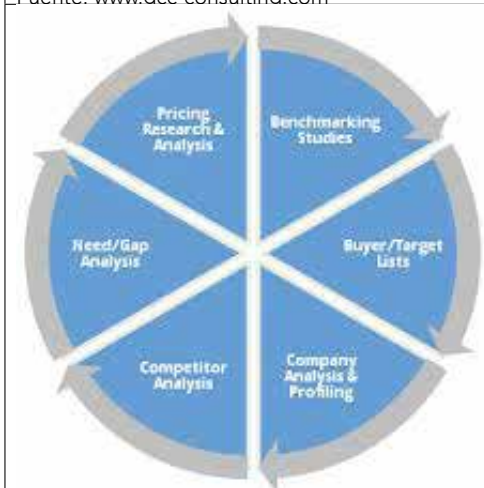


Figura 3. Esquema de IC #3

Fuente: [www.marketquotient.com](http://www.marketquotient.com)



Figura 4. Esquema de IC #4

Fuente: [fbi.gov](http://fbi.gov)

Resulta evidente entre los cuatro casos observados que el ciclo de inteligencia aunque pueda tener variaciones a favor de adaptarse a las diversas necesidades como las previamente mencionadas; un ciclo representa una mirada lineal, dicho de otra forma, los esquemas antes señalados se corresponden a un proceso lineal mientras la realidad es compleja; por ello hace sentido tomar el ciclo de inteligencia como un esquema que promueve puntos de encuentro claves dirigidos a responder a las necesidades demandadas. Cuatro elementos resultan claves a considerar para hacer del ciclo de inteligencia un modelo: Interactividad, colaboración basada en red, el aprovechamiento de disciplinas subsidiarias y el ciclo de contra-inteligencia.

La interactividad. Los profesionales de inteligencia frecuentemente requieren desarrollar actividades cíclicas de revisión y re-evaluación de enfoques, preguntas o problemas sobre los cuales están definidos sus ACI. Las actividades desarrolladas por los profesionales en inteligencia por supuesto no tienen un sendero líneal de inferencia en tanto la mente humana tiene un comportamiento orientado a la integración de pequeñas piezas de información, su acumulación y la redefinición de significados entre otras propiedades. Entre las implicaciones que la interactividad trae es avanzar y retroceder (feedback positivo o negativo) en razón de las necesidades de reformulación o refinamiento de los ACI planteados. Esta característica hace que el ciclo de inteligencia se acerque más a la perspectiva de no linealidad.

La colaboración basada en red. Las actividades de inteligencia bien correspondan para seguridad nacional, dirigidas a entornos de negocio o de soporte a entornos legales han demandado la puesta en marcha y mantenimiento de estructuras de colaboración basadas en red, pues desde que existe la conciencia del valor sustancial que representan las fuentes humanas cada vez se ha hecho más evidente la necesidad de construir alrededor de las actividades de inteligencia esquemas de colaboración, los cuales se han transformado hasta alcanzar modelos de colaboración basados en red donde interactúan múltiples comunidades con diversas capacidades y objetivos por cumplir.

Disciplinas subsidiarias. Las actividades de inteligencia serían posiblemente una simple acumulación de rumores de las cuales se obtendrían recurrentes sospechas, sino es gracias al empleo de múltiples tipos de métodos y técnicas tomadas de diversas áreas disciplinares que hacen posible reconocer tendencias, validar potenciales señales débiles, comprender comportamientos o anticipar eventos entre otras posibilidades. El avance continuo y acelerado en las últimas tres décadas en principios de modelación y simulación (M&S) junto con el desarrollo de herramientas informáticas y avances en la concepción de artefactos matemáticos hace posible alcanzar objetivos antes no previstos o mejorar la certidumbre en los análisis al aprovechar ingentes cantidades de piezas de información. Las ciencias sociales computacionales<sup>6</sup> resultan ser una de las nuevas disciplinas que cada vez se integran mejor a las necesidades de las actividades de inteligencia.

Ciclo de contra-inteligencia. Por supuesto quien realiza actividades de inteligencia

---

<sup>6</sup> Disciplina emergente que combina ciencias de complejidad, inteligencia artificial, TICs y complejidad social.

dirigidas a comprender, indagar o anticipar comportamientos en un entorno o particularmente hacia un sujeto percibe que no es el único quien las realiza. La inteligencia competitiva cada día crece en reconocimiento respecto a su aporte tanto en lo táctico como en lo estratégico en las organizaciones, por lo cual se hace indispensable tomar contra medidas para responder o anticipar acciones de otros quienes también desarrollan actividades de inteligencia y quienes están seguramente muy interesados en conocer que hacemos o planeamos hacer, así como nosotros queremos anticipar de ellos su siguientes jugadas.

Seguramente para muchos tomadores de decisión el ciclo tradicional de inteligencia competitiva es percibido como “justo lo que yo hago”, seguramente esto tiene lugar en la medida que el proceso de toma de decisión por ellos practicado cubre un ciclo tradicional (Wheaton, 2012) tal como se muestra en la figura 5, en el cual las actividades propias de inteligencia son comprendidas de manera simplista apegandose hacia su comprensión teórica como lo ilustrado en la figura 1. Sin embargo las prácticas de inteligencia tal como ya se ha mencionado constituyen un modelo no lineal que involucra puntos de encuentro desde la perspectiva del ciclo de inteligencia y rasgos distintivos como la interactividad, la colaboración basada en red, el aprovechamiento de disciplinas subsidiarias y el ciclo de contra-inteligencia tomados desde la perspectiva de no linealidad.

Figura 5. Ciclo tradicional de toma de decisión



Fuente: (Wheaton, 2012)

Abordadas las consideraciones fundamentales alrededor del ciclo tradicional de inteligencia competitiva es conveniente avanzar hacia la comprensión de las actividades desarrolladas por los investigadores vinculados a la Red Nacional de Investigadores en Remediación Ambiental e investigadores independientes para evaluar oportunidades tecnológicas orientadas a remediar y recuperar suelos con horizonte de futuro 2025.

## Bibliografía

Achard, P. and Bernat, J.-P. (1998) *L'Intelligence Economique; Mode d'Emploi*. ADBS Editions

Ashton, W.B. and Stacey, G.S. (1995) Technical intelligence in business: understanding technology threats and opportunity *International Journal of Technology Management* 10(1), 79–104.

Calof, J., & Skinner, B. (1999). Government's role in competitive intelligence: What's happening in Canada? *Competitive Intelligence Magazine*, 2(2), 1–5.

Barnea, A. (2013) National Strategic intelligence and Competitive Intelligence and What is in Between. *Competitive Intelligence Magazine*, 16(3), 36-43.

Drucker, P. (1998) *The Coming of the New Organization* (in) *Harvard Business Review on Knowledge Management*. HBS Press.

Fuld, L.M. (1995) *The New Competitor Intelligence*. John Wiley, Chichester.

Fuld, L.M. (2007). *The Secret Language of Competitive Intelligence*, Crown Business.

Grant, R. (2005). *Contemporary Strategy Analysis*, Blackwell Publishing.

Harrysson, M., Metayer, E., & Sarrazin, H. (2012). 'How 'Social Intelligence' Can Guide Decisions', *McKinsey Quarterly*, November.

Kahaner, L. (1996) *Competitive Intelligence*. Simon and Schuster, New York.

Porter, M. (1980), *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, The Free Press, NY

Prescott, J. and Miller, S. (2001), *Proven Strategies in Competitive Intelligence: Lessons From the Trenches*, Wiley & Sons, New York

Prescott, J. (1999). 'The Evolution of Competitive Intelligence, Designing a Process for Action', APMP, Spring.

Porter, M. and Millar, V. (1991) How information gives you competitive advantage. *Harvard Business Review*.

Walle, A. H. (2001). *Qualitative Research in Intelligence Marketing: The New Strategic Convergence*. Westport, Connecticut: Quorum Books.

Warner, M. (2002). 'Wanted: A Definition of 'Intelligence,' *Studies in Intelligence* 46, no. 3, pp15- 22.

Wheaton, K. (2012) Let's Kill The Intelligence Cycle. *Competitive Intelligence Magazine*, 15(2), 9-14.





# ESTUDIO DE PROSPECTIVA



## CAPÍTULO





## ESTUDIO DE PROSPECTIVA

La prospectiva tecnológica pretende observar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de identificar las tecnologías emergentes que probablemente produzcan mayores beneficios económicos y sociales. El objetivo de la prospectiva tecnológica es el análisis de los escenarios de evolución de las tecnologías, incluyendo la posibilidad de aparición de otras radicalmente nuevas, así como los factores que condicionan esos escenarios.

La actividad de prospectiva tecnológica es compleja y exige por lo general la participación de expertos en diversos campos por lo que está fuera del alcance de la mayoría de las empresas. De hecho, la gran mayoría de los estudios de prospectiva son realizados por entidades vinculadas al sector público.

Por ello, la herramienta al alcance de empresas e instituciones públicas y privadas es la previsión tecnológica en la que se realiza un ejercicio de reflexión a futuro sobre la base de estudios de prospectiva existentes. Es decir, cada empresa adaptará los estudios de prospectiva a sus características y necesidades.

La sistemática seguir es la misma que para vigilancia tecnológica, es decir, identificación de tecnologías clave, asignación de responsable y de fuentes de consulta, así como establecer una sistemática para la actualización/revisión de la información y su circulación a través de la organización.

## OBJETIVO DEL ESTUDIO

Evaluar al año 2025 las alternativas científicas y tecnológicas para la recuperación y remediación de suelos en el Altiplano Boliviano, con énfasis en suelos del Altiplano Sur.

## METODOLOGÍA <sup>1</sup>

Abaco de Regnier.

Método concebido por el Doctor François Régnier, con el fin de preguntar a los expertos y tratar sus respuestas en tiempo real o por vía postal a partir de una escala de colores.

Como todos los métodos de consulta a expertos, está destinado a reducir la

---

<sup>1</sup> En base al libro: La Prospectiva, Técnicas para visualizar el futuro. Francisco Mojica Sastoque.

incertidumbre, confrontar el punto de vista de un grupo con el de otros grupos y a la vez, tomar conciencia de la mayor o menor variedad de opiniones. A diferencia del método Delphi, no necesariamente busca consensos entre los miembros de panel, sino la diversidad de opiniones respecto al problema que se pretende abordar, para este caso en particular, las opciones tecnológicas para la recuperación y remediación de suelos.

Este es un método que contribuye a crear un espacio de opinión científica que permite medir las opiniones del panel de expertos en ciencias del suelo, vinculados a temas de biotecnología, agronomía, edafología, ordenamiento territorial y biología del suelo.

Para este caso en particular, el ábaco de Regnier, ha brindado una gama de opciones de respuesta para cada tema o variable. De esta manera se evitó las limitantes que suponen las respuestas por sí o por no. Estas respuestas limitan las posibilidades de consideración de los matices o perspectivas con las que se debe considerar un tema o acontecimiento.

Este método permitió estimar el comportamiento del grupo experto, y así determinar la intensidad de un problema y sus posibles respuestas o las prioridades de respuesta.

## Fases

### Fase 1: Recoger la opinión de los expertos

El estudio desde su planificación fue definió la problemática a estudiar, las opciones tecnológicas para la recuperación y remediación de suelos, tomando en cuenta la poca eficiencia de los métodos convencionales y/o tradicionales de recuperación de suelos, en términos reales de tiempo. Por otra parte indagar la posibilidad de combinar métodos, pensando en alternativas tecnológicas para la recuperación y remediación de suelos, más eficientes y eficaces.

El grupo pequeño de expertos planificaron las preguntas que orientarían el debate y discusión. Se evaluó las opciones tecnológicas para la recuperación y remediación de suelos tomando en cuenta los tipos de contaminación y las posibilidades de su recuperación.

Las opciones tecnológicas fueron abordadas desde las siguientes preguntas ó hipótesis:

1. Producción industrial y aplicación masiva de cepas de microorganismos capaces de Fijar Nitrógeno en suelos degradados en el Altiplano Centro y Sur.
2. Producción industrial y aplicación masiva de cepas de microorganismos capaces de metabolizar metales pesados en suelos contaminados por actividad minera.
3. Desarrollo de biotecnologías para la valorización y uso de Rastrojo de cosecha de cultivos en el mejoramiento de los suelos.
4. Desarrollo y aplicación de la fitoremediación de suelos contaminados. Incremento de la degradación de los suelos, de salino a salino sódicos

Para la valoración de posibles recomendaciones y/o prioridades se emplearon los siguientes criterios:

Tabla Nro. 1  
Criterios y Valoración para cada una de las hipótesis

CRITERIOS	Valoración (1-3)
La disponibilidad de recursos económicos	
La disponibilidad de recursos humanos	
La disponibilidad de las tecnologías adecuadas	
La existencia de un entorno institucional y legal adecuado	
Promover la vinculación tecnológica entre el sector público y el sector privado.	

(Marque de 1 a 3, donde 1=nada dependiente, 2=dependiente y 3=absolutamente dependiente)

Estos criterios se constituyen en afirmaciones, y donde se extiende el campo de discusión, sobre la evolución del pasado y/o sobre la visión de futuro. En esta fase cada experto participó utilizando una escala de valores (1, 2 y 3) y posteriormente se traspuso a una matriz Excel para construir la escala coloreada con los datos de las boletas de preguntas.

Para las posibles recomendaciones, se identificaron tres posibles respuestas, cada uno respectivamente sujetos a ser evaluados, por cada experto. Sin embargo estas recomendaciones no fueron limitativas, ya que más adelante del cuestionario se solicitó al experto justificar sus respuestas o incluir otras que el cuestionario no lograba incluir.

Tabla Nro. 2  
Criterios y Valoración para las recomendaciones

CRITERIOS	Valoración (1-3)
<b>Formación de alianzas estratégicas entre Institutos de Investigación y Empresas.</b>	
<b>Brindar estímulos económico-fiscales del Estado.</b>	
<b>Brindar estímulos estatales no económicos.</b>	

(Marque de 1 a 3, donde 1=recomendación irrelevante, 2=recomendación relevante; y 3=recomendación imprescindible)

Fase 2: Tratamiento de los datos.

Esta fase es la del tratamiento de las respuestas coloreadas en forma de matriz, donde se representa: en filas los ítems que definen el problema y en columnas las respuestas de cada uno de los expertos que participaron en el estudio.

La escala cromática

Como indica la metodología, las elecciones del ábaco para develar opiniones del grupo experto en relación a las opciones tecnológicas se basó en la convención internacional adoptada para los colores del semáforo, en donde el verde significa “pase”, el amarillo “cuidado” y el rojo “pare”. A estos tres colores se agregan matices intermedios como el verde claro y el rosado entre el verde y el amarillo, y entre éste y rojo, respectivamente.

Para este estudio en especial, el ábaco utilizó el siguiente código:

- Actitud absolutamente dependiente: Verde
- Actitud dependiente: Amarillo
- Actitud nada dependiente: Rojo



Los colores indican la opinión de los participantes de un grupo. En este caso, se ha medido las posiciones favorables y desfavorables, con las posiciones intermedias, incluyendo el registro de las opciones de no respuestas.

Rápidamente, se pudo identificar las “zonas” de consenso y disenso, en base a lo cual el debate se centró en ítems específicos para tratar de compatibilizar las posiciones. De hecho, se trata de un método bastante abierto, lo cual permitió a los

participantes mover su voto, con una explicación previa.

Si bien la síntesis coloreada del Abaco acelera la comunicación, esta síntesis no dispensa de invertir el tiempo economizado en el análisis pormenorizado y minucioso del problema.

A estos hay que agregar el blanco y el negro. El blanco significa que se quiere participar pero no se tiene opinión. El negro indica que no se quiere participa.

Escala cromática para el estudio de suelos

Para las preguntas 1.2 (ver cuestionario) en todas las hipótesis, la escala de valores fue:

Valor 3	Valor 2	Valor 1	
ABSOLUTAMENTE DEPENDIENTE	DEPENDIENTE	NADA DEPENDIENTE	NO CONTESTA

Para las preguntas 1.3 (ver cuestionario) en todas las hipótesis, la escala de valores fue:

Valor 3	Valor 2	Valor 1	
RECOMENDACIÓN IMPRESINDIBLE	RECOMENDACIÓN RELEVANTE	RECOMENDACIÓN IRRELEVANTE	NO CONTESTA

Esta información hace visible simultáneamente la posición de cada uno de los expertos sobre el problema.

Fase 3: Discusión de los resultados.

En esta fase ya se inició el debate y/o la explicación del voto: el procedimiento fue abierto y cada uno pudo, en todo momento, cambiar el color y justificar su cambio de opinión.

Cuestionario

Al igual que en el Polígono de Valoraciones se puso especial cuidado en definir claramente el tema central y seleccionar cuidadosamente las variables constitutivas o ítems, esenciales y suficientemente explicativas del tema central. Se manejó un número de 8 ítems.

<b>1. La disponibilidad de recursos económicos</b>
<b>2. La disponibilidad de recursos humanos</b>
<b>3. La disponibilidad de las tecnologías adecuadas</b>
<b>4. La existencia de un entorno institucional y legal adecuado</b>
<b>5. Promover la vinculación tecnológica entre el sector público y el sector privado.</b>
<b>6. Formación de alianzas estratégicas entre Institutos de Investigación y Empresas.</b>
<b>7. Brindar estímulos económico-fiscales del Estado.</b>
<b>8. Brindar estímulos estatales no económicos.</b>

#### Fase 4: Procesamiento de datos por columnas

Sin que varíe la clasificación por filas, se obtuvo una clasificación por columnas. Es importante indicar que los ítems están ordenados por filas y que los expertos lo están en columnas. Al abordar un ordenamiento por columnas, se está conociendo la opinión de cada experto y a estos se han clasificado según los votos emitidos por cada uno.

La clasificación por columnas permitió apreciar la visión favorable o desfavorable de cada experto con respecto al tema global que se ha estudiado. Así, quienes aparezcan en los primeros lugares pueden ser juzgados como poseedores de una percepción optimista, con respecto al tema, y quienes se hallen en los últimos lugares serán los más pesimistas frente a este asunto; quienes estén en la mitad, se podría afirmar que manifiestan una actitud equilibrada con respecto al mismo.

#### Cambio de voto y de color

Las matrices de colores obtenidas en los dos momentos anteriores ponen en evidencia el factor que ha gozado de mayor aceptación y el experto que ha adopta la actitud más favorable. Sin embargo, estas matrices se consideran provisionales, porque en todo momento cualquiera puede cambiar de voto, como resultado de la confrontación de opiniones que esta técnica despierta y genera. Lo importante es que quienes desean modificar su posición (verde, rojo, amarillo, blanco o negro) lo hagan justificando su nueva actitud.

Observando que el ábaco permite, por una parte, detectar la opinión del grupo y subrayar esta opción ocultando quien ha dicho que, y, por otra, permite también identificar la percepción del grupo y al mismo tiempo conocer quien ha dicho que.

#### Resultado Final.

El resultado final fue una clasificación por rangos de los ítems que se han estudiado. Los que ocuparon los primeros puestos se caracterizaron por tener una marcada



tonalidad verde y, obviamente, también alguna coloración amarilla o roja. Al mismo tiempo, se tuvo las razones por las cuales aparecen los verdes, de decir, los argumentos favorables. Pero también se pudo constatar los criterios “negativos” los tonos rojos u otros.

A manera de conclusión, ningún factor es ni completamente favorable ni completamente desfavorable para la aplicación de cierta tecnología, sino que se inclina más a un lado que a otro, por razones muy concretas y con alguna probabilidad de desacierto, en cualquiera de los dos casos. En otra palabras, la realidad no puede ser traducida por un solo color, sino por un espectro en donde una tonalidad prima sobre las demás.



# RESULTADOS DE LA PROSPECTIVA



## CAPÍTULO





## RESULTADOS DE LA PROSPECTIVA

### Hipótesis 1.

#### PRODUCCIÓN INDUSTRIAL Y APLICACIÓN MASIVA DE CEPAS DE MICROORGANISMOS CAPACES DE FIJAR NITRÓGENO EN SUELOS DEGRADADOS EN EL ALTIPLANO CENTRO Y SUR DE BOLIVIA.

Corresponde iniciar esta parte por definir el suelo para saber dónde y cómo incorporar microorganismos. Las funciones que desempeñan los organismos del suelo son tan diversas y variadas como las que realizan los que viven sobre él, y en la ausencia de estas comunidades, los ecosistemas colapsan.

Existen diferentes tipos de suelos y sus características varían dependiendo de la localización, el clima, el material parental y otros factores. Los suelos difieren en profundidad, propiedades físicas, composición química, biológica y origen. Estos pueden clasificarse como suelos minerales y orgánicos. Los suelos minerales contienen materia sólida mayormente inorgánica. Los suelos orgánicos contienen de poca a buena materia inorgánica.

Los organismos del suelo aportan una serie de servicios fundamentales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Son el principal agente del ciclo de los nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo, la retención del carbono y la emisión de gases de efecto invernadero, modifican la estructura material del suelo y los regímenes del agua, mejorando la cantidad y eficacia de la adquisición de nutrientes de la vegetación y la salud de las plantas. Estos servicios no sólo son decisivos para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino que constituyen un importante recurso para la gestión sustentable de los sistemas agrícolas.

Para el caso de las zonas desérticas de Bolivia, y a efectos de ir pensando en la producción de microorganismos, es conveniente conocer las comunidades de bacterias, musgos y líquenes que habitan en estos suelos, para mejorar la infiltración al reducir el agua que escurre por la superficie y frenar los procesos de degradación. Por lo anterior, la inoculación de estas especies en zonas desérticas podría ser el primer paso para la regeneración de ecosistemas con déficit hídrico.

La lucha contra la degradación y desertificación de suelos, y el impulso del desarrollo, están estrechamente relacionados debido a la importancia y capacidad socio

productiva de lo local, los recursos naturales y la agricultura. Como es bien sabido, cuando la gente vive en la pobreza tienen pocas opciones más que sobreexplotar la tierra.

Que podemos hacer?

Del estudio se desprende que el 72% de los especialistas han coincidido en que para el año 2025 es factible la producción industrial y aplicación masiva de cepas de microorganismos capaces de fijar nitrógeno para la recuperación de los suelos degradados; el 22% indica que es muy factible. De acuerdo a la percepción de los expertos existe una alta dependencia entre la hipótesis planteada y contar con la disponibilidad de recursos humanos y la disponibilidad de tecnologías adecuadas (Cuadro 3a).

Cuadro Nro. 4a

Producción industrial y aplicación masiva de cepas de microorganismos capaces de Fijar Nitrógeno en suelos degradados en el Altiplano Centro y Sur.

Criterios	Evaluación de los Expertos																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Disponibilidad de Recursos Económicos																		
Disponibilidad de Recursos Humanos																		
Disponibilidad de Recursos Tecnológicos																		
Existencia de un entorno adecuado institucional y legal																		
Promover la vinculación tecnológica entre el sector público y privado																		

Fuente: Elaboración propia

Los miembros del panel de expertos justificaron sus respuestas de la tabla anterior tomando las siguientes consideraciones:

- Disponibilidad de talentos científicos – Investigación.
- Es fundamental la capacitación de recursos humanos y contar con infraestructura adecuada que permita desarrollar la investigación.
- Fortalecer las capacidades locales en la investigación.
- Alianzas con centros de investigación internacional y aprovechar de manera óptima el apoyo de la cooperación internacional.
- Contar con una visión integral sobre la problemática de los suelos, esto significa que el tema debe ser abordado desde diferentes disciplinas.
- Promover la investigación aplicada y desarrollo de cepas para el altiplano

- salino.
- Mejorar la capacidad de selección de cepas y una adecuada manipulación genética para preparar los inoculantes más idóneos.
- Disponibilidad de recursos tecnológicos.
- Generar las condiciones para que la tecnología sea validada, adoptada y su aplicación sea generalizada, demostrar su rentabilidad y sostenibilidad.
- Transferencia tecnológica.
- La voluntad política y la reglamentación para hacer cumplir el principio del que contamina paga, las empresas deberían asumir su responsabilidad en el tema de remediación ambiental, para ello se debe difundir las tecnologías generadas por los investigadores.

### Recomendaciones complementarias

Con relación a las recomendaciones, el Panel de Expertos logró ciertos consensos, fundamentalmente aquellas que se concentra en la conformación de alianzas estratégicas entre institutos de investigación y empresas públicas y privadas.

Cuadro Nro. 4b  
Recomendaciones

Recomendaciones	Evaluación de los Expertos																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Formación de alianzas estratégicas entre institutos de investigación y empresas.																		
Brindar estímulos económico-fiscales del Estado																		
Brindar estímulos no económicos																		

Fuente: Elaboración Propia

Resulta que el 77% del Panel de Expertos priorizó la recomendación 1, es decir fortalecer las articulaciones estratégicas. Esto significa articulación entre Institutos de Investigación y Empresa, Institutos Nacionales e Internacionales. El 55% del panel, expresó su votación a la segunda recomendación que es necesario brindar estímulos económico-fiscales por parte del Estado Plurinacional.

Se sabe que la degradación de suelos, su restauración y recuperación no solamente es solo de carácter técnico, sino que involucra otros aspectos, como los de carácter institucional y de orden legal.

Además de las recomendaciones señaladas líneas arriba, el panel puso a consideración las siguientes:

- Se requiere el fortalecimiento de las instancias vinculadas con el tema de lucha contra la desertificación y degradación de suelos.
- Se debe incluir el tema de uso de algas.
- Tomar en cuenta técnicas de biorremediación para la fijación de nitrógeno.
- Contar con un programa de investigación y propagación de bioinoculantes y biofertilizantes
- Incorporar estudios sobre el agua.
- Participación de las Universidades en pruebas piloto.
- Mejorar la capacidad de selección de cepas y una adecuada manipulación genética para preparar los inoculantes más idóneos.
- Mejoramiento de especies vegetales para que no sea un factor limitante en el establecimiento de la correspondiente simbiosis.
- Crear condiciones para la investigación y validación de manera continua.
- Se necesita trabajar de manera preventiva, en paralelo a la remediación.
- Fortalecer la investigación en laboratorio y campo.
- Generación y validación de tecnologías
- Las cepas por sí solas no recuperan los suelos y sí propician el crecimiento de la vegetación por la mayor disponibilidad de nitrógeno.
- Asignar recursos para la investigación aplicada.

Hipótesis 2.

## PRODUCCIÓN INDUSTRIAL Y APLICACIÓN MASIVA DE CEPAS DE MICROORGANISMO COMPETENTES DE METABOLIZAR METALES PESADOS EN SUELOS CONTAMINADOS POR ACTIVIDAD MINERA.

La contaminación generada por los ingenios o plantas minero metalúrgicas deviene principalmente de la descarga de colas con contenidos de minerales sulfurosos y del uso de reactivos químicos, productos orgánicos y otros, en operaciones de concentración, cuyos efectos negativos repercuten directa e indirectamente en los seres humanos y no humanos, incluso más allá del período de explotación a que son sometidos. Producto de la actividad minera, se han ido acumulando diferentes depósitos de residuos mineros que, de acuerdo a su composición, presentan problemas de contaminación que se extienden en el tiempo, aún después de haber



concluido las actividades de explotación; estas fuentes se conocen como pasivos ambientales (Coronado, 2008b).

La naturaleza y magnitud de los impactos ambientales del sector minero en el pasado fueron variando de acuerdo a las características económicas y sociales de las unidades operativas mineras, y en relación con el avance tecnológico de los métodos de producción y los sistemas de prevención, protección y control de la salud, seguridad industrial y manejo ambiental (Velasco, 2009).

El desarrollo de la investigación en el campo de la tecnología a nivel internacional, evidencia que existen alternativas técnicas de prevención y control para tratar cualquier tipo de contaminación ambiental, lo que significa que los impactos sobre la calidad del agua, el aire, los suelos y la biodiversidad pueden controlarse, dentro de los límites establecidos en la normativa ambiental. Sin embargo, en Bolivia pocas empresas mineras en fase de operación han implementado medidas de mitigación de los impactos clave, relacionados principalmente con los procesos de contaminación que se generan a partir de las descargas de aguas ácidas de mina y de roca y colas de plantas de procesamiento de minerales en cuerpos de agua o sobre instalaciones precarias que no garantizan seguridad alguna (Ibid.).

¿Qué podemos hacer?

El 63% de las respuestas del panel de expertos coinciden en que es factible la aplicación de Biotecnología (Microbiología) para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados. Y el 21% ve muy factible.

A juicio del Panel de Expertos, al igual que en la hipótesis 1, son 2 aspectos fundamentales que deben ser tomados en cuenta para coadyuvar con la implementación de la política de remediación ambiental. Se trata de la posibilidad de desarrollar la biotecnología como herramienta estratégica para la producción de microorganismos deseados y ser incorporados masivamente en los suelos contaminados. Para ello se requiere, la disponibilidad de talentos científicos y la disponibilidad de recursos tecnológicos, seguido por aspectos económicos y disponer de un entorno institucional y normativo adecuado.

Tabla Nro. 5a

Priorización de acciones para la incorporación de microorganismo para la recuperación de suelos contaminados por actividad minera

Criterios	Calificación de los Expertos																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Disponibilidad de Recursos Económicos																		
Disponibilidad de Recursos Humanos																		
Disponibilidad de Tecnologías adecuadas																		
Existencia de un entorno institucional y legal adecuado																		
Promover la vinculación tecnológica entre el sector público y privado																		

Fuente: Elaboración Propia

Paralelamente a lo identificado anteriormente, también existen otros factores que necesariamente deben ser tomados en cuenta para alcanzar la meta planteada. Por ejemplo:

- La articulación estratégica permitirá validar tecnología y su posterior transferencia.
- Disponer de laboratorios, institutos de investigación estatales y privadas con el personal adecuado.
- Alianzas o convenios con Institutos y Centros de otros países.

CUADRO 5b

Recomendaciones

Recomendaciones	Calificación de los Expertos																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Formación de alianzas estratégicas entre institutos de investigación y empresas.																		
Brindar estímulos económico-fiscales del Estado																		
Brindar estímulos no económicos																		

Fuente: Elaboración Propia

Otras recomendaciones.

- Se requiere un pacto social para el encuentro de soluciones integrales.
- Decisión política entendiendo que la extracción de recursos no renovables, no incluyen costos de reparación del medio ambiente.

- Carencia de reglamentación específica para el aprovechamiento y producción de microorganismos.
- Falta recursos para la investigación científica y tecnológica.
- El programa de investigación científica debe la fitoremediación y otras técnicas para la metabolización, extracción y acumulación de metales pesados tomando en cuenta la eliminación final de los metales acumulados.
- Desarrollar estudios en bioinoculantes.
- Recuperación (bioconcentración) de metales de interés económico en regiones mineras.
- Es fundamental contar con metodologías comparables con estudios internacionales para que los resultados también sean comparables.
- Cumplimiento de la Ley que obliga a las empresas a la mitigación ambiental.
- Un determinado porcentaje de las ganancias de la empresa se debería destinar exclusivamente a la investigación.
- Bioproducción de sustancias de interés tales como bioplásticos o biopolímeros, energía (electricidad), sustancias de interés farmacológico, o enzimas que realizan procesos químicos de una forma más eficiente y más respetuosa con el medio ambiente que la industria química.
- Es fundamental investigar, buscar y validar micro organismos que ayuden a mejorar los suelos contaminados. Si bien existen varios países que trabajan con microorganismos aislados, no debe olvidarse que en el país la contaminación de suelos es debido a varios metales pesados, concentrados en un mismo lugar.
- Profundizar investigación en biología molecular que subyace en los procesos de bioremediación.
- Realizar un relevamiento del personal profesional en el ramo de microbiología de suelos.
- Establecer una base de datos sobre áreas de contaminación, caracterización de la contaminación, orígenes, estado actual, investigaciones, y una plataforma.
- Promocionar gente para desarrollar esta tecnología. No hablamos de formar sino identificar profesionales y darles condiciones de trabajo para desarrollar esta tecnología.
- Formar equipo de profesionales que puedan desarrollar esta tecnología.

Hipótesis 3.

DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN Y USO DE

# RASTROJOS DE COSECHA DE CULTIVOS EN EL MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS

Rastrojo es el conjunto de restos de tallos y hojas que quedan en el terreno tras cortar un cultivo.

A menudo se confunde rastrojo con restos de poco valor. Sin embargo, el rastrojo es un recurso muy bueno para proteger el suelo del impacto de la precipitación erosiva y la consiguiente escorrentía. Las prácticas de retención del rastrojo son recomendadas por los técnicos y las autoridades de conservación de suelos como un componente importante de un programa de manejo del mismo. Esto puede implicar o no la retención de altas cantidades de rastrojo, o solamente las suficientes para la función de proteger el suelo.

La presencia de rastrojo sobre el terreno es como una trampa de agua, que facilita la infiltración y reduce las pérdidas por evaporación al mantener más fría y protegida la superficie del suelo. Esta concepción es el razonamiento de un correcto sistema de cultivo con labranza cero. Aún así, existe la posibilidad de procesar industrialmente estos rastrojos y convertirlos en parte de grupo de biofertilizantes o insumos orgánicos.

Sobre la aplicación de la biotecnología en el aprovechamiento de rastrojos de cultivos, el panel de especialistas indica que es factible (55%), y muy factible (33%). Con el objetivo de indagar sobre los aspectos más relevantes para alcanzar esta visión, la tabla de respuestas del panel coincide en priorizar 2 aspectos fundamentales, como en los dos casos anteriores, la disponibilidad de recursos humanos y disponibilidad de recursos tecnológicos, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro Nro. 6  
Biotecnología para el aprovechamiento de rastrojos

Criterios	Evaluación de los Expertos																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Disponibilidad de Recursos Económicos																		
Disponibilidad de Recursos Humanos																		
Disponibilidad de Tecnologías adecuadas																		
Existencia de un entorno institucional y legal adecuado																		
Promover la vinculación tecnológica entre el sector público y privado																		

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a opinión de los especialistas, se debe pensar en el establecimiento de un Instituto de Investigación, apoyado por el Gobierno Central, para garantizar el funcionamiento, de lo contrario al estar dependiente de una ONG u otra institución, los recursos humanos no tendrán la cobertura total.

Tomando el ejemplo de ENBRAPA (Brasil), la producción de microorganismos, es factible pero en condiciones que favorezcan a toda una institución. Si bien es costosa la implementación de un laboratorio para este propósito, con un proyecto bien definido en sus objetivos, resultados esperados, alcances y perspectivas a mediano y largo plazo, es factible la producción de microorganismo, inicialmente a nivel de laboratorio e investigación, para luego pasar a nivel industrial, con mayores los costos y recursos humanos calificados.

Hipótesis 4.

## DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA FITOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS.

La fitoremediación es una tecnología, basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, que en la actualidad está siendo aplicada en diversos países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos. Frente a las tradicionales técnicas físico-químicas, la fitoremediación presenta diversas ventajas, probablemente se pueda destacar su menor coste económico, su aproximación más respetuosa con los procesos ecológicos del ecosistema edáfico, y el hecho de ser una tecnología social, estética y ambientalmente más aceptada. Por ello, es que la fitoremediación se contemple cada vez más como una alternativa ambiental respetuosa, frente a técnicas convencionales.

Es importante recordar que el término fitoremediación engloba una serie de fitotecnologías diferentes en lo concerniente, sobre todo, a los mecanismos fisiológicos implicados en la recuperación de los suelos contaminados (por ej., fitoextracción, fitovolatilización, fitodegradación, rizofiltración, fitoestabilización, etc.).

Carlos Garbisu, Lur Epelde, José M. Becerril (2010) indican que dentro del campo de la fitoremediación, la fitoextracción es la fitotecnología más prometedora para la recuperación de suelos contaminados con metales pesados, los cuales suelen

presentar una alta persistencia en los suelos (al fin y al cabo, a diferencia de los contaminantes orgánicos, no hay que olvidar que los metales pesados no pueden degradarse por procesos químicos ni biológicos).

La fitoextracción se basa en el hecho de que, mediante diversos procesos fisiológicos, las plantas pueden actuar como bombas de succión, alimentadas por energía solar a través de la fotosíntesis, que literalmente extraen los metales del suelo a través de sus raíces para después acumularlos en sus tejidos aéreos. Una vez que las plantas han acumulado los metales en sus tejidos aéreos, se cosechan y posteriormente se transportan para su deposición en un vertedero controlado, su incineración o su compostaje. Por supuesto, si las plantas son incineradas, las cenizas, en las que se encuentran los metales que la planta había acumulado, se deben tratar como residuos tóxicos y peligrosos, y enviarse a vertederos controlados. En ocasiones, si su valor en el mercado así lo justifica, es factible recuperar los metales de las cenizas para posteriormente reutilizarlos. Carlos Garbisu, Lur Epelde, José M. Becerril (2010).

Las plantas con mayor potencial para la fitoextracción de metales son las especies metalofitas, plantas que gracias a diversos mecanismos fisiológicos sobreviven, muchas veces de forma endémica, en suelos que presentan niveles elevados de metales. Dentro de ellas, las plantas denominadas hiperacumuladoras son de gran interés pues presentan de forma natural una impresionante capacidad para tolerar, absorber y acumular elevadas concentraciones de metales en sus tejidos, Carlos Garbisu, Lur Epelde, José M. Becerril (2010).

Estas rarezas botánicas han de ser preservadas pues, además de su valor intrínseco como parte de una biodiversidad vegetal que ha desarrollado durante miles de años la capacidad para sobrevivir en suelos con altas concentraciones de metales, son una herramienta biológica valiosísima para la recuperación de suelos contaminados por actividades industriales y mineras, Carlos Garbisu, Lur Epelde, José M. Becerril (2010).

¿Qué podemos hacer?

Sobre la factibilidad de aplicar la fitoremediación en áreas de contaminación por actividad minera en el Altiplano Boliviano, 50% del panel de expertos indica que es muy factible y factible (30%) al año 2025.

Con el objetivo de indagar sobre los aspectos más relevantes para alcanzar esta tendencia, la tabla Nro. 4 de respuestas del panel coincide en priorizar aspectos fundamentales como en los tres casos anteriores. Sin embargo el de mayor puntuación fue la primera premisa, es decir priorizar la disponibilidad de recursos económicos, seguido por la disponibilidad de recursos tecnológicos y la conformación de equipos de científicos para la investigación.

Cuadro Nro. 7  
Desarrollo y aplicación de la fitoremediación de suelos contaminados

Criterios	Evaluación de los Expertos																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Disponibilidad de Recursos Económicos																		
Disponibilidad de Recursos Humanos																		
Disponibilidad de Tecnologías adecuadas																		
Existencia de un entorno institucional y legal adecuado																		
Promover la vinculación tecnológica entre el sector público y privado																		

Fuente: Elaboración Propia

Entre otros aspectos se tiene:

- Incentivar la investigación en fitorremediación
- Establecer alianzas estratégicas entre el Viceministerio de Ciencia y Tecnología y el Ministerio de Minería, para un apoyo conjunto hacia la fitoremediación.
- Establecer estrategias entre Institutos de Investigación Científica (Universidades) y Empresas públicas y privadas para producir microorganismos capaces de mejorar el suelo.
- Fomentar la Investigación aplicada,
- Validar Tecnología
- Decisión política y por ende falta de recurso para emprender alianzas, estudios y operativización de labores.
- Fortalecimiento institucional.
- Alianzas y convenios con productores y asociaciones de productores.
- Falta de reglamentación específica.
- Establecer un programa Estatal de bioremediación para zonas contaminadas.
- Atravéz de una normativa estatal el uso de tecnologías apropiadas para la bioremediación.

- Inversión para establecer un Programa de desarrollo de bioinoculantes con diversos objetivos para mejorar y/o recuperar suelos.
- Incentivar estudios en la identificación de plantas endémicas capaz de resistir o acumular contaminantes.
- Participación de Universidades en pruebas piloto.
- Evaluar, discriminar y priorizar los diferentes problemas de contaminación de suelos por actividades mineras y otros como la salinidad y acidificación.
- Investigar sobre novedosos sistemas de fitorremediación aplicada a nuestra realidad.
- Implementación y fortalecimiento de nuevos laboratorios de fitorremediación.
- Si bien la fitorremediación es una técnica puntual para remediar suelos, es necesario buscar otras alternativas, por ejemplo que hacemos con las plantas con elevados contenidos de metales pesados?.
- Inventario de la situación actual de suelos contaminados.
- Pruebas de fitorremediación y estudios de evaluación de impacto ambiental.
- Mejorar la base de datos de los estudios, profesionales e investigaciones.

Hipótesis 5.

## INCREMENTO DE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS - DE SALINO A SALINO SÓDICOS.

La problemática de los suelos salinos en Bolivia no se limita a la cuenca del río Desaguadero en el altiplano boliviano; es mucho más extensa y abarca el valle alto y central de Cochabamba (Torrez et al., 1996), los valles de Santa Cruz, el Chaco y las llanuras de depresión en el Beni. El futuro de estas áreas es una preocupación para una población importante que subsiste mediante el uso de la tierra.

Los problemas de salinidad y/o sodicidad de los suelos en el territorio boliviano deben ser analizados ampliamente a partir de una cuantificación de los recursos afectados, tierra y agua, y tomando en cuenta las limitaciones económicas para implementar acciones de recuperación de suelos. Se tiene que buscar soluciones prácticas y económicas, al alcance de los pobladores, comunidades, municipios y provincias en estas zonas afectadas.

De manera general, los problemas de salinidad son más extensos en los climas semiáridos a áridos, donde la evapotranspiración supera a la pluviometría. La disponibilidad de recursos hídricos limitada se debe analizar cuidadosamente junto



con todas las posibilidades que están al alcance. Una de las posibilidades ciertas en el altiplano boliviano es el aprovechamiento de las aguas del río Desaguadero, que se origina en el lago Titicaca y constituye por ello una alternativa importante, a pesar de tener limitaciones de uso.

Hasta el momento, se ha cuestionado bastante el aprovechamiento del agua, sin tomar en cuenta las experiencias desarrolladas por los propios habitantes del lugar. Ellos viven de la ganadería y riegan desde hace muchos años especies forrajeras con agua salada y en suelos salinos. La Autoridad Autónoma Binacional del lago Titicaca (ALT) estimó a 9.000 km el área con riesgos de salinidad en la cuenca del Desaguadero. La cuestión básica es entonces saber cómo se puede regar suelos salinos con agua salada. La respuesta no es tan sencilla como se podría creer. No es suficiente repetir ideas falsas o demasiado generales sobre el potencial o, al contrario, los riesgos del riego. Es tiempo más bien de realizar un diagnóstico serio de lo que se sabe y de lo que todavía no se sabe en cuanto a suelos, cultivos, balance hidrológico y de salinidad, que incorpore tanto aguas superficiales como subterráneas, para usos domésticos, riego o usos industriales (minas).

En las afirmaciones que se escuchan frecuentemente, aparece un cuestionamiento del uso de aguas salinas para el riego de suelos salinos. Se señalan la escasez del recurso agua en la zona, en cantidad y calidad, los problemas de contaminación, la inapropiada aplicación de riego por parte de los usuarios, y la falta de cultivos alternativos que justifiquen una inversión económica. Estos cuestionamientos tocan varios aspectos: suelos, cantidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas, factibilidad del riego, usos múltiples (consumo humano, riego, minas). Es claro que estas cuestiones no encontrarían respuestas sin una amplia colaboración entre disciplinas complementarias: hidrología, geología, edafología y agronomía. Las respuestas no incuben solamente a científicos sino también a especialistas del desarrollo, de las ONGs principalmente, que pueden documentar experiencias exitosas de rehabilitación llevadas a cabo en el altiplano.

Algunas preguntas encontrarán respuesta y se mejorará la formulación de otras, pero se quiere también dejar claras las que siguen pendientes, con la finalidad de orientar futuras investigaciones y prioridades de desarrollo. Una siguiente etapa sería, lógicamente, buscar referencias fuera de Bolivia, en otros países tropicales donde se presentan los mismos problemas.

El reto de esta parte del estudio consiste entonces en recolectar los conocimientos

de 18 especialistas en suelos, aplicando preguntas, verificar su solidez científica y confrontar ideas.

Sobre el incremento de la posibilidad de que suelos salinos pasen a sódicos, y exista una mayor degradación, el panel coincide en un 55% en que este fenómeno efectivamente ocurrirá, es decir que con una certeza del 55%, el fenómeno de degradación de suelos, de salinos a salinos sódicos, aumentará mucho. Contrariamente el 22% indica que el aumento será muy poco.

Con el objetivo de indagar sobre los aspectos más relevantes para alcanzar un escenario de minimizar la degradación de suelos, en la tabla Nro. 5., se muestran las respuestas del panel, que coinciden en priorizar aspectos fundamentales como en los tres casos anteriores.

Sin embargo, el de mayor puntuación fue la primera premisa, mejorar la tecnología en sistemas de riego en riego en áreas de afloramiento salino, establecimiento de drenaje y el mejoramiento la calidad de agua de riego, principalmente aguas del río desaguadero.

Cuadro Nro. 8  
Incremento de la degradación de los suelos, de salino a salino sódicos

Criterios	Evaluación de los Expertos																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Mejorar la calidad de agua de riego, principalmente aguas del río desaguadero.																		
Mejorar la tecnología en sistemas de riego en áreas de afloramiento salino.																		
Mejorar la infraestructura																		
Evaluar técnicamente la remediación de suelos																		
Establecimiento de drenaje																		
Aplicación de yeso por su bajo costo y facilidad de aplicación.																		
Mejor uso de tecnologías para la agricultura																		

Fuente: Elaboración Propia

Al respecto, han surgido otras opiniones técnicas:

- La producción de ácido sulfúrico industrial para el lavado de suelos salinos.
- Establecer programas de recuperación de suelos salino-sódicos.
- Desarrollar tecnologías para aprovechar las actuales condiciones de los suelos salinos y/o sódicos.

- Revisión y mejoramiento de los actuales sistemas de producción.
- Establecer proyectos y crear mejores condiciones.
- Falta de institucionalidad.
- Focalizar el trabajo en las fuentes de contaminación suelo-agua.
- Desarrollo de cultivos alternativos en suelos salinos.
- Sistemas más económicos de desalinización de aguas.
- Desarrollar un Programa de extensión rural con capacitación para productores sobre la temática suelo-aguas-salinidad/sodicidad-degradación y manejo.
- Elaborar mapas de suelos a detalle y mapas de aptitud al riego.
- Utilización de variedades de cultivos moderadamente a tolerantes a la salinidad.
- Control y remediación de suelos y sedimentos salinos, mediante la identificación de fuentes principales de salinidad, mediante tecnología de punta.
- Este es un problema muy serio en el altiplano, por lo tanto no solo tiene que ver con la gestión del Riego, sino también con problemas de Cambio Climático, Cambio del uso de la tierra, extracción de especies maderables, para uso doméstico (energías) y sobrepastoreo.
- Uso apropiado de los suelos salinos (agricultura salina).
- No es posible mejorar la calidad de aguas para riego, por lo que se debe considerar trabajar en la identificación de plantas o especies halóphytas que toleran niveles de salinidad y que son buenas forrajeras, ej. Kauchi.

## CONCLUSIONES

El panel de expertos considera que al 2025 es factible la producción industrial y a aplicación masiva de microorganismos para la recuperación y remediación de suelos. Para lo cual será fundamental desarrollar talentos científicos especializados y la disponibilidad de tecnologías adecuadas.

El panel de expertos considera que la formación de alianzas estratégicas entre institutos de investigación y empresas públicas y privadas son aspectos fundamentales para la lucha contra la degradación de suelos. Alianzas o convenios con Institutos y Centros de Investigación de países vecinos es clave para mejorar la capacidad local para enfrentar y revertir la degradación de suelos.

Al 2025 la disponibilidad de recursos tecnológicos acompañados de la disponibilidad de recursos económico, son aspectos muy importantes que deben ser considerados para el diseño de programas y proyectos en remediación y recuperación de suelos.

## Bibliografía

INE, Censo 2001.

KLEIN, Herber S., 2002. Historia de Bolivia. Editorial Juventud

MURRA, John. 1975. Formaciones económicas y políticas del mundo andino

NAVARRO, G. 1992. Vegetación de Bolivia. El Altiplano meridional. Rivasgodaya 7: 69-98.

NAVARRO, G. 1997. Contribución a la clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia. Rev. Bol. de Ecol. 2:3-37.

NAVARRO, G. 1999. Aproximación a la tipificación biogeográfico-ecológica de los sistemas acuáticos y palustres de Bolivia. Rev. Bol. Ecol. (Número especial Congreso Boliviano de Limnología) 6: 95-110.

NAVARRO, G. 2002. Vegetación, pp. 1 - 500. En: NAVARRO, G. y M. MALDONADO. 2002. Geografía Ecológica de Bolivia. Vegetación y Ambientes Acuáticos. Editorial Centro de Ecología Simón I. Patiño. Cochabamba.

NAVARRO, G., J. A. MOLINA & N. DE LA BARRA. 2005. Classification of the high-Andean Polylepis forests in Bolivia. Plant Ecology 176: 113-130.

NAVARRO, G. y W. FERREIRA. 2007. Mapa de Vegetación de Bolivia, escala 1: 250 000. Edición CD-ROM. The Nature Conservancy (TNC). ISBN 978-99954-0-168-9.

Navarro, G. y W. Ferreira. 2009. Biogeografía y Mapa Biogeográfico de Bolivia, pp. 23 - 39. En: VMAB-CC-BIOVERSITY INTERNATIONAL, Libro Rojo de Parientes Silvestres de Cultivos de Bolivia. Plural editores. La Paz. 344 p.

Rivas-Martínez, S. 1996-2009. Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial. Centro de Investigaciones Fitosociológicas. Madrid. ([www.ucm.es/info/cif/book/bioc/global\\_bioclimatics-2008\\_00.htm](http://www.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics-2008_00.htm))

JOSSE, C., G. NAVARRO, P. COMER, R. EVANS, D. FABER-LAGENDOEN, M. FELLOWS, G. KITTEL, S. MENARD, M. PYNE, M. REID, K. SCHULZ, K. SNOW Y J. TEAGUE. 2003. Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems. NatureServe. Arlington, Virginia.

Josse C., F. Cuesta, G. Navarro, V. Barrera, E. Cabrera, E. Chacón-Moreno, W. Ferreira, M. Peralvo, J. Saito y A. Tovar. 2008. Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centrales. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General Comunidad Andina de Naciones (CAN), Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes.

EcoCiencia, NatureServe, LTA-UNALM, IAvH, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima. [www.infoandina.org/ecosistemas-andinos](http://www.infoandina.org/ecosistemas-andinos).

USDA. 2002. USDA Plant Hardiness Zone Map. USDA Miscellaneous Publication No. 1475. Issued January 1990, revised March 2001. U.S. National Arboretum, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.

Molina,J. 1986. Efecto de tres formas y dos densidades de siembra en cebada sobre la erosión hídrica de un suelo en el Altiplano. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía-UMSA.La Paz, Bolivia

Orsag, V. 1998 Evaluación preliminar de la erosión hídrica de los suelos del sector de Hauallpa Pampa (Ravelo), Provincia Chayanta, Potosí, IPTK. Sucre, Bolivia .

Orsag,V.;et.al 1992 Evaluación de la erosión de suelos en el Altiplano Central, bajo diferentes formas de siembra del cultivo de papa.

Orsag, V.; Miranda, R. 2000 y 2004 Evaluación del impacto de riego con aguas de río Desaguadero sobre la salinización, sodificación y acumulación de metales