

Establecimiento de Prioridades en la Investigación Biotecnológica mediante el Proceso Jerárquico Analítico

T. Braunschweig
W. Janssen

El Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR) asiste a los países en desarrollo a alcanzar mejoras duraderas en el desempeño de sus sistemas y organizaciones de investigación agrícola. Realiza su cometido mediante la promoción de políticas apropiadas de investigación agrícola, instituciones sostenibles y la gestión mejorada de la investigación. Los servicios que el ISNAR proporciona a la investigación agrícola tienen el propósito fundamental de beneficiar a los productores y consumidores de los países en desarrollo y de salvaguardar el medioambiente natural para las generaciones futuras.

Para maximizar el impacto de su trabajo en los países en desarrollo, el ISNAR se concentra en tres objetivos:

- fortalecer la capacidad de las organizaciones de investigación agrícola para responder a las necesidades de sus clientes y a los retos emergentes
- expandir el conocimiento universal sobre políticas de investigación agrícola, organización y gestión
- mejorar el acceso de los países en desarrollo a las fuentes de conocimiento sobre políticas de investigación agrícola, organización y gestión.

El ISNAR fue establecido en 1979 por el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (GICAI), en base a las recomendaciones de un comité ad hoc internacional. Empezó sus operaciones en su sede central en La Haya, Países Bajos, el 1ro de septiembre de 1980. El ISNAR es un instituto autónomo sin fines de lucro, de carácter internacional y apolítico en su gestión, personal y operaciones. Financieramente es apoyado por varios de los miembros del GICAI, un grupo informal de donantes que incluye países, bancos de desarrollo, organizaciones internacionales y fundaciones. De los 16 centros que conforman el sistema del GICAI de centros internacionales, el ISNAR es el único que se enfoca específicamente en el desarrollo institucional dentro de los sistemas nacionales de investigación agrícola.

Derechos de autor © 1998 del Servicio Internacional para la Investigación
Agrícola Nacional.

Todos los derechos estan reservados.

ISNAR fomenta el uso adecuado de este material. Se solicita la citación apropiada.

Acerca del autor

Thomas Braunschweig, Investigador, Departamento de Economía Agrícola,
Instituto Suizo Federal de Tecnología, Zurich, Suiza.

Willem Janssen, Investigador Principal, Programa de Desarrollo y Gobernabili-
dad Institucional, La Haya, Países Bajos.

Citación

Braunschweig, T. y W. Janssen. 1998. Establecimiento de Prioridades en la
Investigación Biotecnológica mediante el Proceso Jerárquico Analítico. ISNAR
Informe de Investigación No. 14. La Haya, Servicio Internacional para la Inves-
tigación Agrícola Nacional.

AGROVOC Descriptores

agricultura; investigación; gestión; políticas de investigación; biotecnología;
métodos.

CABI Descriptores

investigación agrícola; gestión; políticas de investigación; biotecnología; meto-
dología.

ISSN 1021-4429

ISBN 92-9118-043-2

Contenido

Prólogo	v
Agradecimientos	vii
Resumen	viii
Siglas	x
Resumen Ejecutivo	xi
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1. El sector Agropecuario de Chile	3
2.2. El Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria.	5
2.3. Biotecnología Agropecuaria en Chile	8
2.4. La Iniciativa para un Programa Nacional de Biotecnología.	9
2.5. Prioridades más Claras	10
3. Procedimiento	13
3.1. Enfoque Metodológico	13
3.2. Ejercicio	17
3.3. Etapas	18
4. Resultados y Análisis	31
4.1. Importancia de los Criterios	31
4.2. Análisis de la Coherencia	35
4.3. Evaluación de los Proyectos	39
4.4. Análisis de Sensibilidad	41
5. Dificultades Encontradas y Modificaciones Potenciales	43
5.1. Proyectos de Diferente Naturaleza	43
5.2. Medida Relativa Comparada con la Absoluta	44
5.3. Ponderación de los Criterios	45
5.4. Participación de los Investigadores	45
5.5. Base de Información	46
5.6. Incertidumbre	47
6. Conclusiones	49
Referencias	51

ANEXO 1: Resumen y Comentarios de los Proyectos	55
ANEXO 2: Cuestionario para la Ponderación	63
ANEXO 3: Ponderación de los Criterios	69
ANEXO 4: Evaluación de los Proyectos	71

FIGURAS

1. Estructuración jerárquica del problema	14
2. Matriz para comparaciones por pares	15
3. La estructura jerárquica con escalas de intensidad	16
4. Procedimiento para el establecimiento de prioridades	18
5. Jerarquía 1: Impactos potenciales	23
6. Jerarquía 2: Éxito de la investigación	24
7. Jerarquía 3: Éxito de la transferencia	24
8. La jerarquía Éxito de la Investigación utilizada en la evaluación	27
9. La jerarquía éxito de la transferencia utilizada en la evaluación	28
10. Ponderación de la jerarquía impactos potenciales	31
11. Ponderación de la jerarquía éxito de la investigación	32
12. Ponderación revisada de la jerarquía éxito de la investigación	33
13. Ponderación de la jerarquía éxito de la transferencia	34
14. Ponderación global de los subcriterios de la jerarquía impactos potenciales	35
15. Variabilidad en la ponderación individual de la jerarquía 1	37
16. Variabilidad en la ponderación individual de la jerarquía 2	37
17. Variabilidad en la ponderación individual de la jerarquía 3	37
18. Ponderaciones de los criterios en la jerarquía 1 para los seis escenarios	38
19. Prioridades finales de los proyectos biotecnológicos	39
20. Prioridades con respecto a la jerarquía impactos potenciales	40
21. Prioridades CON respecto a la jerarquía éxito de la investigación	40
22. Prioridades con respecto a la jerarquía éxito de la transferencia	40
23. Prioridades con respecto a los impactos potenciales y LOS modificados	41
24. Escenario 7: Proyectos estratégicos (*) sin restricción para la transferencia	44

CUADROS

1. Indicadores clave de la agricultura chilena (1990-96)	4
2. Escala fundamental para la comparación por pares	15
3. Uso de las distintas escalas dependiendo del concepto	17
4. Lista propuesta de criterios	22
5. Tareas de los distintos subgrupos	26
6. Incoherencia en los juicios de los expertos	36
7. Orden de los Proyectos con los Distintos Escenarios	42

Prólogo

La investigación agrícola se encuentra en un proceso continuo de identificar y aplicar nuevos métodos y nuevas técnicas que le permitan resolver problemas o aprovechar oportunidades para el desarrollo del sector agrícola. La búsqueda a nuevos métodos y técnicas ha ganado gran dinámica con el surgimiento de la de biotecnología, por ejemplo. La posibilidad de entender y modificar la estructura genética de los organismos vivos esta abriendo grandes oportunidades para mejorar la contribución económica, ecológica y social del sector agrícola al desarrollo de la sociedad.

La biotecnología se basa en disciplinas como la genética, el cultivo de tejidos y la biología molecular, todas técnicas que se pueden aplicar a muchos campos de la investigación científica y tecnológica en el área biológica, médica, farmacéutica y agrícola. La aplicabilidad de esta tecnología a muchos de estos campos, ha dado un gran ímpetu al desarrollo de la biotecnología en investigación agrícola.

La decisión de aplicar los nuevos métodos provenientes de la biotecnología se complica por varias razones. Primero, a menudo requieren de altas inversiones en equipos y en recursos humanos, lo que limita la posibilidad de utilización de determinadas técnicas. Segundo, por su novedad son difíciles de evaluar en base de experiencias anteriores. Tercero, por el explosivo desarrollo de nuevas técnicas hay un gran dinamismo en este campo y una técnica que parece la más avanzada hoy puede ser remplazada mañana. Cuarto, la aplicación de biotecnologías abre nuevos problemas éticos y de bioseguridad, por ejemplo con la introducción de genes de un organismo en otro no genéticamente emparentado. En la investigación agrícola pública las decisiones se complican aun más por la necesidad de balancear los objetivos de diferentes grupos de interesados.

A pesar de lo anterior, cada día la biotecnología toma un papel muy importante en la investigación agrícola actual. Los institutos de investigación en cualquier parte del mundo deben decidir como integrar la biotecnología en sus programas de investigación. Por estas razones ISNAR ha seleccionado la gestión de nuevas tecnologías de investigación como una de sus áreas de atención prioritaria. De igual forma el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA) y el propio Gobierno de la Nación han decidido reforzar su capacidad en este campo.

El INIA y el ISNAR, con el apoyo del Instituto Federal de Tecnología de Suiza (ETH) y el Servicio Internacional de Biotecnología (IBS) han realizado un proyecto piloto para desarrollar métodos que apoyan las decisiones complejas que deben ser tomadas en investigación biotecnológica. Para este propósito han aplicado el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), un método participativo de apoyo a las decisiones, para la selección de proyectos de investigación.

Esperamos que los resultados de nuestro esfuerzo conjunto sean de utilidad a otros institutos y sistemas de investigación en la definición de sus políticas y prioridades en el campo de biotecnología agrícola.

Stein W. Bie
Director General ISNAR

Carlos Muñoz Schick
Gerente General INIA

Agradecimientos

Este estudio de caso no hubiera sido posible sin el excelente apoyo y la generosidad del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Chile. Agradecemos al INIA por la seriedad de compromiso. Igualmente, el éxito del estudio se debe a la participación solícita de muchas personas del INIA y otras instituciones involucradas. Agradecemos muchísimo a los investigadores de los diferentes Centros Regionales de Investigación por su extraordinaria motivación en la formulación de las propuestas de proyectos y su activa participación en los talleres.

El coordinador del Programa Nacional de Biotecnología (PNB), Dr. Carlos Muñoz Schick, merece un especial agradecimiento. De la misma manera, este agradecimiento es extensivo a sus excelentes colaboradoras, señoras Yanina Parodi y Erika Salazar, por su inapreciable colaboración y amabilidad. Agradecemos a las consultoras, señoras Laura Meza y Cecilia Sotelo por su valiosa contribución en la recopilación y procesamiento de datos y al Dr. César Falconi del ISNAR por su colaboración en el segundo taller. Así mismo, queremos agradecer a tres expertos anónimos por sus excelentes comentarios y sugerencias sobre la versión inicial de este documento.

Agradecemos las sugerencias y comentarios de la Profesora Dr. Catherine Halbrendt de la Universidad de Vermont y del Dr. Joel Cohen del Servicio Internacional de Biotecnología (IBS). Queremos agradecer al Departamento de Economía Agrícola del Instituto Federal de Tecnología de Suiza (IAW-ETH) y al Centro Suizo para Agricultura Internacional (ZIL), ambos con sede en Zurich, por sus aportes financieros y al Profesor Dr. Peter Rieder por su apoyo intelectual en la elaboración y ejecución del estudio. Finalmente, deseamos agradecer a las señoras Claudia Forero, Rivka Peyra y Graciela Lusso por su valiosa ayuda en la edición de la versión final.

Thomas Braunschweig
Willem Janssen

Resumen

Este documento presenta un procedimiento innovador para establecer prioridades entre proyectos de investigación biotecnológica. Ha sido aplicado en el programa nacional de biotecnología en Chile, para evaluar su utilidad como herramienta de apoyo en la toma de decisiones de las instituciones de investigación pública. El procedimiento consiste en diez etapas, las cuales se especifican en detalles, este procedimiento está basado en el Proceso Jerárquico Analítico (AHP). El método es apropiado para manejar decisiones de múltiple criterio de alta complejidad. El AHP descompone el problema de decisión en una estructura jerárquica y usa una escala relativa para comparar a pares los elementos de cada nivel. Después, los juicios son sintetizados para conseguir el rango de los proyectos, basado en criterios previamente definidos. El procedimiento permite superar la débil base de información, normalmente presente en la evaluación de la investigación biotecnológica, haciendo un amplio uso de juicios subjetivos en las reuniones de grupo. Criterios específicos de decisión han sido empleados para adaptarlos a las características de la biotecnología. La incertidumbre existente en los procesos de investigación y adopción ha sido incluida mediante jerarquías específicas que permiten la estimación de las posibilidades de éxito. En general, la aplicación piloto del procedimiento para establecer prioridades ha producido resultados prometedores. Para aplicaciones futuras, varias modificaciones son sugeridas a fin de mejorar la eficiencia y precisión del procedimiento.

Abstract

This document introduces an innovative approach to establishing priorities among biotechnology research projects. The procedure has been applied to the national biotechnology program in Chile, in order to validate it as a decision-making tool for public research institutions. Based on the Analytic Hierarchy Process (AHP), this method is well-suited for supporting highly complex decision-making, using multiple criteria. The procedure consists of ten steps, which are discussed in detail. It decomposes the decision-making problem into a hierarchical structure. It then compares the elements in the hierarchy by pair, in order to determine their relative importance. The resulting judgments are synthesized in a ranking of the projects. The pairwise comparisons allow the evaluators to also include subjective judgments reached through group discussions, in order to overcome weaknesses in the information base—a problem frequently encountered in the evaluation of biotechnology research. Moreover, the use of special decision-making criteria accommodates the specific features of biotechnology research. Finally, the

uncertainty element, which is inherent to research and technology adoption processes, is incorporated in the analysis and remedied by means of special criteria for estimating chances of success. On the whole, the application of the priority-setting approach in Chile yielded encouraging results. For future applications, a range of modifications are suggested to further improve the efficiency and accuracy of the procedure.

Abrégé

Le présent rapport propose une méthode innovatrice de définition des priorités entre des projets de recherche biotechnologique. La méthode a été appliquée au Chili, dans le cadre du programme national de recherches biotechnologiques, afin de la valoriser en tant qu'outil de prise de décision, destiné aux responsables d'institutions publiques de recherche. En effet, fondée sur le procédé d'analyse hiérarchique (AHP), la méthode convient très bien à appuyer la prise de décisions complexes et basées sur de multiples critères. La procédure compte dix étapes distinctes, dont le rapport fournit une analyse détaillée. Elle consiste tout d'abord à décomposer un problème de prise de décision selon un modèle hiérarchique. Ensuite, les éléments sont comparés par paires, en vue d'en déterminer l'importance relative. La synthèse des jugements ainsi obtenus permet de classer les projets. La comparaison des éléments groupés en paires permet aux évaluateurs d'inclure des jugements subjectifs, résultats des discussions de groupes, en vue de pallier aux insuffisances de la base d'information — obstacle fréquemment rencontré dans l'évaluation des projets de recherche biotechnologique. En outre, la méthode prévoit des critères de prise de décision spéciaux pour bien tenir compte des réalités spécifiques du secteur biotechnologique. L'élément d'incertitude — inhérent à la recherche comme au processus d'adoption de technologies nouvelles — est maîtrisé par l'application de critères qui permettent d'estimer les chances de réussite. D'une façon générale, les résultats de la mise en oeuvre de la méthode au Chili sont encourageants. Pour améliorer encore ceux d'applications futures, les auteurs proposent une série de modifications qui permettront de perfectionner la procédure, en en augmentant l'efficacité et la fiabilité.

Siglas

AHP	Analytic Hierachy Process (proceso jerárquico analítico)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CALT	Comité Asesor para el Lanzamiento de Organismos Transgénéticos
CONAMA	Comisión Nacional de Medio Ambiente
CONICYT	Comisión Nacional de Investigación Científico y Tecnológica
ETH	Instituto Federal de Tecnología, Suiza
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GTT	Grupos de Transferencia Tecnológica, Chile
INDAP	Instituto de Desarrollo Agropecuario
INIA	Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile
ISNAR	Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
PNB	Programa Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria
PIBA	producto interno bruto de agricultura
SNIA	Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria, Chile
VAN	Valor actualizado neto

Resumen Ejecutivo

Este informe presenta la aplicación piloto de un procedimiento para establecer prioridades en la investigación biotecnológica del sector público. En colaboración con el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), el Departamento de Economía Agrícola del Instituto Federal de Tecnología (ETH) de Suiza y el Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR) de Holanda realizaron el presente estudio de caso en Chile. Su objetivo fue evaluar el procedimiento desarrollado anteriormente y dotar al Programa Nacional de Biotecnología (PNB) de un instrumento que le permita facilitar la selección de proyectos de investigación. El procedimiento se concentra en la incertidumbre relacionada con el éxito de investigación y con la transferencia tecnológica. Además considera las características de la investigación biotecnológica en el proceso decisorio.

El informe empieza con la descripción del sector agrícola en Chile, la investigación agropecuaria pública y los antecedentes del PNB. Después de un intenso proceso de planificación, los expertos nacionales e internacionales elaboraron el PNB cuyo objetivo es fomentar y coordinar la biotecnología agrícola en ese país. La falta de prioridades específicas y de criterios claros obligó a los responsables a establecer prioridades utilizando el procedimiento sistemático.

El enfoque metodológico se basa en el proceso jerárquico analítico o AHP, según la sigla inglesa. Es comparable con los métodos de calificación por puntaje, se orienta en función de criterios múltiples, pondera los criterios de decisión y evalúa sucesivamente los proyectos considerados, relativos a cada criterio, utilizando una escala. Empero, emplea una jerarquía para estructurar el problema de decisión en forma sistemática y ejecuta la ponderación de los criterios y la evaluación de los proyectos mediante una escala relativa. Los principios del AHP son: i) la descomposición del problema y la estructuración de sus elementos en forma jerárquica. En el primer nivel se encuentra la meta general del problema; el segundo nivel contiene los criterios pertinentes para lograrla. Los proyectos se ubican en el nivel más bajo; ii) la comparación a pares entre los proyectos y entre los criterios. Estas comparaciones relativas se realizan usando la escala fundamental que consiste en términos verbales para expresar el grado de preferencia entre dos elementos; iii) la síntesis de las comparaciones para obtener las prioridades finales. La transformación de las preferencias en los números correspondientes y el uso de un algoritmo permiten el cálculo de las prioridades finales de los proyectos evaluados.

El modelo elaborado comprende una jerarquía para sopesar las repercusiones potenciales de los proyectos de investigación y dos jerarquías más para evaluar la probabilidad de éxito de la investigación y de la transferencia de tecnología, respectivamente. Para cada jerarquía, se determinaron tanto

una meta como criterios y subcriterios. Para determinar las prioridades finales de los proyectos se combinó selectivamente la prioridad de cada proyecto con respecto a los impactos potenciales con las probabilidades de éxito.

Con el fin de mantener la aplicación piloto a niveles manejables, se limitó el número de proyectos a siete y se incluyeron sólo propuestas biotecnológicas del INIA. Varios expertos del sector público determinaron y definieron el peso de los criterios; la evaluación de los proyectos se realizó mediante un proceso en el que participaron los directores de los proyectos y los planificadores del INIA. La estructuración del problema de decisión, la selección de los criterios y de los subcriterios para la determinación de prioridades de los proyectos se hicieron en diferentes reuniones. La importancia relativa de los criterios se obtuvo por medio de entrevistas a cargo del coordinador del proyecto.

El procedimiento sentó bases claras y justificables para la adopción de decisiones y dio resultados razonables con respecto a las prioridades de los proyectos. El enfoque participativo permitió superar el problema planteado por la escasez de datos al recurrir a los conocimientos especiales, la experiencia y la intuición de los distintos expertos. Sin embargo, se puso de manifiesto una gran diferencia entre los expertos en cuanto a la importancia relativa de los criterios. El análisis de sensibilidad basado en los porcentajes de las ponderaciones individuales mostró que el orden de los proyectos es estable y que sólo cambia ante situaciones extremas. El énfasis del procedimiento que se basa en la incertidumbre relacionada con el éxito de la investigación y con la transferencia tecnológica se puso en dos jerarquías separadas. Ciertas características de la investigación biotecnológica obligan a prestar especial atención al proceso. Por ello, se incluyeron criterios como 'bioseguridad', 'normativas' y 'aceptación pública'. El criterio 'institucional', con sus subcriterios 'capacidad institucional' y 'capacitación de recursos humanos', garantizó que se consideraran específicamente los beneficios obtenidos con proyectos estratégicos. El procedimiento tiene el potencial necesario para facilitar la asignación de los recursos del PNB. Un resultado importante para el programa es la gran variabilidad del peso relativo de los criterios que destacó la falta de una política institucional en materia de ciencia y tecnología, en general, y de biotecnología, en particular.

Se decidieron varias modificaciones para aplicaciones futuras en lo que hace a los expertos y los participantes del proceso; a la planificación de las actividades individuales del procedimiento para minimizar el esfuerzo de recolección de datos; a la estimación más precisa de las repercusiones de proyectos estratégicos y aplicados en su conjunto; a la necesidad de hacer pronósticos más elaborados que tomen en cuenta la incertidumbre relativa a situaciones alternativas en el futuro y, finalmente, al mejor manejo de las escalas de intensidad utilizadas al estimar las probabilidades de éxito.

1. Introducción

En la determinación de prioridades se basa una asignación eficiente de los recursos. Se trata de maximizar los beneficios para la sociedad a partir de los recursos disponibles, es decir, de seleccionar las actividades más prometedoras para los objetivos nacionales (Collion y Kissi, 1995). En la investigación agropecuaria pública, es complicado adoptar decisiones dados la escasez cada vez mayor de fondos para la investigación, el aumento de las demandas públicas y los nuevos desafíos. La toma de decisiones en la investigación biotecnológica se dificulta aún más por lo novedoso de esta tecnología, por sus exigencias específicas y por la falta de experiencia (Cohen, 1994; Janssen, 1995). El uso de metodologías adecuadas y procedimientos sistemáticos para establecer prioridades facilita el proceso decisorio.

La colaboración entre el Departamento de Economía Agrícola del Instituto Federal de Tecnología (ETH) de Zurich, Suiza, y el Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR) de La Haya, Países Bajos, resultó en el proyecto de investigación llamado *Integración de la biotecnología en la investigación agropecuaria de países en desarrollo: establecimiento de prioridades, dimensión estratégica e incertidumbres*. Su objetivo es elaborar, aplicar y evaluar un procedimiento sistemático basado en el proceso jerárquico analítico (AHP) para apoyar la adopción de decisiones, por parte de instituciones públicas, relativas a la investigación biotecnológica.

El procedimiento se aplicó a un estudio de caso en Chile con el propósito de determinar su validez para establecer prioridades en el Programa Nacional de Biotecnología (PNB) y fue realizado en estrecha colaboración con el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Se centra en la incertidumbre relacionada con el éxito de investigación y con la transferencia tecnológica. Además considera las características de la investigación biotecnológica dentro del proceso decisorio.

Este informe procura documentar y analizar las experiencias de la aplicación experimental del procedimiento. Expone su diseño, el enfoque metodológico, los resultados de esa tarea, las dificultades encontradas y las modificaciones que pueden hacerse para mejorar el proceso decisorio en las aplicaciones futuras.

El segundo capítulo del informe presenta los antecedentes. Describe el sector agrícola y la investigación agropecuaria en Chile. Además, detalla el Programa Nacional de Biotecnología (PNB) y las razones que motivaron la realización de este trabajo.

En el tercer capítulo se describen brevemente el proceso jerárquico analítico, como metodología utilizada para facilitar la determinación de prioridades de proyectos biotecnológicos, al igual que las distintas etapas del

procedimiento y el calendario de las actividades. Al final figuran las consideraciones generales en relación con las actividades realizadas.

El cuarto capítulo resume los resultados y los analiza. La primera parte describe la importancia de los criterios de decisión así como la forma en que fueron ponderados por un grupo de dirigentes del sector de investigación y de expertos. En la segunda parte se discuten las prioridades de los siete proyectos considerados en este trabajo. Este proceso fue participativo e incluyó los juicios de los mismos investigadores. El análisis de sensibilidad revela la estabilidad de los resultados con respecto al orden de los proyectos.

En el quinto capítulo se analizan las dificultades encontradas durante el estudio de caso así como las debilidades conceptuales y metodológicas, por un lado, y los problemas prácticos, por otro. Se consideran las opciones relativas a la modificación del procedimiento utilizado en la adopción de decisiones. Sin embargo, algunos de los puntos abordados necesitan ser evaluados en estudios adicionales para resolver los problemas pendientes.

El documento termina con una apreciación del estudio de caso chileno. Se discuten las consecuencias que tendrá para futuras aplicaciones, se comentan los aspectos pendientes y se delimita el campo para trabajos adicionales.

2. Antecedentes

2.1. El sector Agropecuario de Chile

La agricultura desempeñó un papel importante en la recuperación económica de Chile. Las reformas macroeconómicas posteriores a 1973 y, en particular, la redistribución de las tierras previamente nacionalizadas, la privatización de los mercados de insumos y la liberación de los mercados y los precios ocasionaron un rápido crecimiento y el desarrollo del sector agropecuario. La mejora de la política de protección del medio ambiente permitió a los nuevos agricultores explotar las ventajas comparativas del país: un clima de veranos secos en las provincias del centro y el centro-sur (de donde procede el 95% de la producción agropecuaria chilena), tierras ricas irrigadas por las nieves derretidas de los Andes (el riego es un factor importante en la producción agropecuaria nacional) y las exportaciones crecientes al hemisferio norte en invierno. El abandono progresivo de la política de importación-substitución, en los años sesenta y comienzos de los setenta, terminó con la discriminación del sector agropecuario. Asimismo estimuló el uso de más fertilizantes y favoreció ampliamente el empleo de tecnologías mejoradas para la producción, lo que resultó en un incremento substancial de la productividad de la tierra dedicada a cultivos tradicionales de sustento. Más aún, las extraordinarias oportunidades de obtener ganancias también atrajeron a compañías multinacionales agropecuarias y la agricultura se orientó mucho más hacia la exportación, debido a la inversión de capitales en plantaciones de frutas, en el mejoramiento de tierras, el drenaje, las instalaciones para envasado y almacenamiento en frío. Entre 1974 y 1990, el producto interno bruto de la agricultura (PIBA), incluida la silvicultura, había crecido en promedio el 4,7% anual (Venezian y Muchnik, 1995).

La evolución de las exportaciones agropecuarias fue impresionante, con una media de crecimiento del 27% anual de 1974 a 1990. Las ganancias producidas, consideradas como un porcentaje de aquellas correspondientes a las exportaciones totales, subieron del 2,7% en 1970 al 6,0% en 1980 y al 11,2% en 1990. Este hecho, asociado al producto interno al que se sumaron cosechas competitivas comparado con las importaciones importantes, produjo un superávit sólido en el mercado agropecuario desde 1985, después de años de déficit crónico.

En el Cuadro 1 figuran los indicadores clave de la agricultura chilena y de su desarrollo desde 1990. El crecimiento del PIB agropecuario es inferior al del PIB total, que es de 6,8% para el periodo considerado; esto causó una disminución de la contribución del sector al crecimiento nacional, que pasó del 7,9% al 6,5%. Por otra parte, las exportaciones de productos agropecuarios y forestales se duplicaron en los últimos seis años, generando un superávit comercial en ese sector de casi 3.000 millones de dólares en 1996. El

porcentaje de empleos en el sector agropecuario disminuye continuamente. Sin embargo, la tasa de desempleo agrícola alcanza sólo a la mitad del promedio nacional.

Cuadro 1. Indicadores clave de la agricultura chilena (1990-96)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1990-1996*
Crecimiento del PIB agrícola (%)	7,6	1,8	7,0	1,6	6,9	4,8	1,5	4,4
PIB agrícola/PIB nacional (%)	7,9	7,5	7,3	6,9	7,1	6,9	6,5	7,2
Exportaciones silvoagropecuarias (FOB, en millones de dólares)	2.030	2.418	2.768	2.703	3.275	4.473	4.170	3.119
Desglosadas en: - agricultura	1.223	1.580	1.729	1.596	1.824	2.208	2.626	1.828
- silvicultura	807	838	1.039	1.097	1.451	2.266	1.544	1.292
Importaciones silvoagropecuarias (CIF, en millones de dólares)	355	506	652	684	807	1.043	1.248	756
Exportaciones silvoagropecuarias /otras exportaciones nacionales (%)	23,7	26,7	27,3	28,7	28,1	27,2	27,1	27,0
Mano de obra Agrícola/nacional (%)	19,2	19,1	18,0	17,0	16,2	15,7	15,0	17,2

Fuente: MINAGRI, 1997

*Promedio

Las principales exportaciones agropecuarias son las siguientes: uvas de mesa (23%), manzanas, vino, peras, pasta y jugo de tomate, kiwis, ciruelas y jugos de fruta. Sin embargo, las bayas, las nueces, las semillas y otros productos que ocupan una posición estratégica en el mercado están ganando importancia y contribuyen a aumentar la diversificación de las exportaciones agropecuarias. Los principales productos nacionales son el trigo, la avena, la papa, la betarraga (remolacha azucarera), el maíz, las oleaginosas, la leche, la carne, las aves de corral y los cerdos. De las tierras de cultivo intensivo (1,8 millón de hectáreas), el 47% está dedicado a cultivos anuales, el 16% a frutas y viñas, el 4% a hortalizas y flores, el 23% a pastos de semilla y cosechas forrajeras y el 10% restante corresponde a tierras en barbecho. Además, 7,7 millones de hectáreas son plantaciones industriales de pino y eucalipto (MINAGRI, 1997).

La agricultura chilena se caracteriza por tener una estructura dual. Por una parte, hay haciendas comerciales de tamaño mediano y grande, que producen la gran mayoría de las exportaciones agropecuarias. Este tipo de agricultores han invertido en modernización y diversificación; usando tanto capital como las últimas tecnologías, han logrado aumentar la producción y han llegado a mercados extranjeros con productos de calidad. Por otra parte, cerca de 200.000 pequeños agricultores se dedican principalmente a producir cosechas tradicionales de sustento. Frecuentemente estos campesinos están en regiones agroecológicas menos favorecidas, con bajo potencial producti-

vo y menos alternativas. Además, no disponen del capital necesario para tener acceso a los mercados. Esta situación se ve agravada por los acuerdos mercantiles existentes y planeados al igual que por la reevaluación del peso chileno frente al dólar estadounidense, en más del 30% en los últimos 10 años. Como consecuencia de ello, los pequeños agricultores se ven obligados cada vez más a competir con las importaciones de países más competitivos o que subvencionan sus productos, o ambos, por ejemplo, el trigo de la Argentina, el maíz de los EE.UU. y la leche de la Unión Europea. Responder a las necesidades de estos agricultores es el principal reto que el gobierno chileno tiene que enfrentar con respecto a la agricultura.

2.2. El Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria¹

La reorientación y la modernización del sector agropecuario también ha tenido importantes consecuencias para el Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria (SNIA) de Chile. Entraron en escena nuevos actores; las formas de financiación cambiaron; la competencia entre los actores aumentó y los forzó a aplicar políticas de investigación más orientadas hacia la demanda. Tradicionalmente, o sea antes de que empezaran las reformas económicas, el SNIA estaba compuesto por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y las facultades de agricultura de las cuatro principales universidades. El sector privado estaba ausente de la investigación agropecuaria, con excepción de dos estaciones experimentales de la Asociación Nacional de Agricultores (SNA) y de Semillas Bear.

El INIA, la piedra angular del SNIA, fue fundado en 1964 como un organismo gubernamental semiautónomo del Ministerio de Agricultura. Es una institución descentralizada con siete centros regionales de investigación, un centro nacional de entomología y varias estaciones experimentales a lo largo del país. De 1970 a 1990 el personal profesional del INIA aumentó de 153 a 230 personas y su presupuesto pasó de 1.272 millones de pesos chilenos a 4.514 millones, lo que representaba casi el 80% del total de los gastos del SNIA. En 1997 el INIA tenía una dotación total de 270 investigadores y un presupuesto de 13.672 millones de pesos chilenos. La forma de financiar la investigación en el INIA cambió considerablemente durante ese periodo. Al comienzo el 90% de su presupuesto provino de fuentes gubernamentales; en 1997 esta porción había bajado al 44%. El resto se obtiene de las ventas de productos y servicios (25%), de los contratos de investigación (11%) y de otros ingresos (INIA, 1998).

Dos características notables de la investigación agropecuaria en Chile son la importación de tecnología extranjera y el establecimiento de subvenciones que se obtienen por concurso. Ambas novedades surgieron como consecuencia de los cambios en la política económica y del rápido crecimiento

¹ Esta sección se basa mucho en Venezian (1992) y Venezian y Muchnik (1995).

agropecuario. La transformación estructural del sector agropecuario, que implica orientar la producción a la exportación, requiere innovaciones tecnológicas diferentes. Como el SNIA se concentraba principalmente en las cosechas tradicionales, Chile transfirió tecnologías directamente del exterior, especialmente de California (pero también de Europa y Nueva Zelandia), donde las condiciones agroclimáticas eran similares. Las tecnologías importadas, como materiales para siembra, prácticas agronómicas, métodos de riego, insumos de producción y técnicas aplicadas a la cosecha y al periodo posterior a la misma, se introdujeron principalmente en el subsector de frutas y más recientemente en la producción de semillas, hortalizas y plantas ornamentales. Los importadores y las compañías exportadoras desempeñan un papel clave en ello, frecuentemente ayudados por los investigadores del sector público que trabajan a tiempo parcial en el sector privado. A pesar de que el SNIA rara vez participa directamente en la importación de tecnologías, se pudo tener éxito en la importación, la adaptación y la adopción rápida de las nuevas tecnologías sólo gracias al conocimiento y la experiencia acumulados por sus investigadores así como por sus contactos personales. Por lo tanto, la solidez del SNIA sentó las bases necesarias para la introducción de innovaciones del extranjero.

La segunda característica, la introducción de subvenciones por concurso para la investigación a comienzos de los años ochenta tuvo como consecuencia lógica la aplicación de una estrategia de economía liberal a las políticas sobre ciencias y tecnología.² Los esquemas de subvenciones por concurso se convirtieron en el nuevo principio para la asignación de recursos para la investigación agropecuaria. Se establecieron varios fondos patrocinados públicamente para fomentar el progreso científico y tecnológico. Los más significativos son los programas de financiación del Comité Nacional para la Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) del Ministerio de Educación. Con excepción del Fondo para la Investigación Agropecuaria (FIA), todas las instituciones y los particulares dedicados a la investigación pueden solicitar dichos fondos. Esto significa que los investigadores agropecuarios tienen que competir con todas las otras instituciones científicas y tecnológicas. Otra característica de estos fondos es que exigen que la investigación sea en colaboración y que se incluya al sector privado.

La fuerte demanda de tecnologías y conocimientos agropecuarios, así como el nuevo mecanismo de financiación atrajeron a nuevas instituciones de investigación. Entre ellas, nuevas facultades y escuelas de agricultura, facultades de otras disciplinas, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas. Sin embargo, la mayoría de ellas se concentraba en investigación aplicada, proyecto por proyecto. La participación directa del sector privado en la investigación agropecuaria sigue siendo marginal. Según el Ministerio de Agricultura (MINAGRI, 1996), la mayoría de los recursos destinados a la investigación provienen del sector público. Se espera que esto cambie. Como

2 Después del fallido intento de privatizar el INIA durante los primeros años de ajuste.

constituye una porción del PNB agropecuario, el gobierno procura aumentar los fondos dedicados a la investigación del 1% actual al 3% en el futuro, con una considerable contribución del sector privado.

En 1994, el INIA inició un proceso de reestructuración para modernizar su organización y equilibrar su presupuesto (INIA, 1994; MINAGRI, 1996). Se abolieron los 22 programas nacionales por cosechas y disciplinas y se los reemplazó por cuatro departamentos: producción animal, producción vegetal, recursos naturales y sistemas de gestión y producción. Además, cada centro de investigación regional (CRI) creó un departamento para las relaciones con las empresas agropecuarias. Entre los otros cambios figuran: la descentralización destinada a darle a los CRI más autonomía financiera y responsabilidad; el enfoque en los proyectos como unidades operacionales; y la separación de la contabilidad para las áreas de investigación y desarrollo. Con el fin de eliminar el déficit presupuestario y liberar recursos para nuevas iniciativas, por ejemplo, los programas para cursar doctorados en el extranjero y las mejoras salariales del personal profesional, se han previsto despidos, ventas de propiedades y de tierras. Durante el proceso de ajuste el INIA concentró sus actividades principalmente en los grandes agricultores comerciales. Desde 1990 la orientación cambió haciéndose hincapié ahora en los pequeños agricultores, que también reciben apoyo a través de los préstamos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) destinados a promover la investigación en su beneficio. No obstante, la nueva estrategia institucional y las presiones presupuestarias podrían hacer que volviesen a recibir más atención los clientes con explotaciones comerciales.

En Chile existen principalmente dos organizaciones responsables de la extensión agropecuaria, los Grupos de Transferencia Tecnológica (GTT) y el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). El INIA creó el sistema de los GTT para garantizar realmente la transferencia de innovaciones tecnológicas a los empresarios agropecuarios. Con el cambio de orientación del INIA en favor de los pequeños agricultores, esta responsabilidad la asumió la Asociación Nacional de Agricultores. El INDAP concentra también sus esfuerzos de extensión en los pequeños agricultores; depende del Ministerio de Agricultura y tiene acuerdos con varios institutos de investigación. Sin embargo, el mandato del INDAP es mucho más amplio y cubre toda clase de asistencia a las áreas rurales pobres, inclusive el suministro de créditos e infraestructura, la realización de proyectos de riego y el asesoramiento en materia de desarrollo organizacional (MINAGRI, 1996).

En general el SNIA se adaptó bien a los cambios en las políticas económicas y en la estrategia de financiación. Aunque la creciente demanda de innovaciones agropecuarias quedaba satisfecha principalmente con la importación de tecnología del extranjero, los investigadores eran un factor crucial en su transferencia, su adaptación y su difusión. Pero las condiciones cambiantes también tuvieron algunos efectos adversos. Primero, al fracasar el intento de reemplazar la asistencia financiera externa destinada a la capacitación de personal en el extranjero se redujo la reserva de capital humano. Más aún, los sueldos relativamente bajos para la investigación en el sector público no motivaron al personal profesional, lo que impidió atraer investigadores altamente calificados. Segundo, la reducción del gasto público causó

un serio deterioro tanto de la infraestructura como del equipo del INIA. Tercero, la introducción del sistema de subvenciones por concurso tendía a debilitar la cooperación en la investigación, a pesar de la firma de acuerdos de colaboración. Cuarto, el énfasis en la productividad de la investigación y la competencia por la financiación transformó las actividades de investigación en proyectos a corto plazo. Esto puede hacer que se descuiden temas de investigación que necesitan continuidad o problemas cuya solución no produce beneficios financieros obvios. Las consecuencias de estas tendencias actuales del sistema chileno de investigación agropecuaria sólo podrán evaluarse en el futuro.

2.3. Biotecnología Agropecuaria en Chile

El trabajo preparatorio para el programa de biotecnología incluyó una encuesta extensiva de la situación reinante (1995) con respecto a las actividades de investigación sobre biotecnología agropecuaria y forestal (Villalobos, 1995; Vio, 1995). A continuación figuran los principales resultados de la encuesta.

Chile tiene 42 laboratorios que trabajan total o parcialmente en biotecnología; 33 están localizados en universidades o institutos públicos de investigación y los 9 restantes son laboratorios privados. Cerca del 40% de los laboratorios públicos y todos los del sector privado se ocupan del cultivo de tejidos, en especial de la micropropagación. La infraestructura varía mucho, desde laboratorios completamente equipados a instalaciones extremadamente limitadas. De un total de 80 investigadores en biotecnología agropecuaria, muy pocos tienen doctorados o maestrías y una gran proporción de ellos usa las tecnologías esporádicamente y sólo para fines específicos. Entre 1982 y 1994, se llevaron a cabo aproximadamente 120 proyectos de investigación biotecnológica; la mitad tenía relación con el cultivo de tejidos. La mayoría de los proyectos fueron realizados en las universidades y sólo una pequeña parte se ocupó de la biotecnología animal.

El CONICYT creó una comisión nacional para promover la biotecnología en Chile pero no ejerce sobre ella ni una función de coordinación explícita ni le otorga financiación específica. Además, la comisión no se dedica especialmente a la agricultura (Gil *et al.*, 1996). El INIA inició un programa de biotecnología vegetal en 1989. Pero fue sólo dos años después de firmar el acuerdo con el Organismo de Cooperación para el Desarrollo del Japón que realizó algunas actividades biotecnológicas importantes.

Chile no tiene políticas específicas para ocuparse de los aspectos jurídicos de la biotecnología sino que aplica las leyes existentes para tratar las cuestiones relativas a la bioseguridad y las patentes. La reglamentación de la importación y de la multiplicación de semillas genéticamente modificadas (para la reexportación) es la que se aplica a la suelta en el campo (lanzamiento) de organismos transgénicos. Además, el Ministerio de Agricultura estableció un Comité Asesor para el Lanzamiento de Organismos Transgénicos (CALT) y el Comité Asesor para el Recombinante DNA revisa los proyectos presentados a través de CONICYT. Este último también emite recomenda-

ciones de bioseguridad, las que junto con las guías correspondientes de las organizaciones internacionales, sirven de códigos éticos para los investigadores que trabajan con material transgénico. Para patentar inventos o descubrimientos en biotecnología, se aplican actualmente leyes como el acta de los derechos de los genetistas y el acta general de patentes (Villalobos *et al.*, 1995).

Basándose en la encuesta, se identificaron varias deficiencias en la investigación biotecnológica chilena. A pesar de disponer de la mayoría de las técnicas modernas aplicadas actualmente en la biotecnología vegetal y animal, las actividades se concentran principalmente en el cultivo de tejidos; muchas de las técnicas más complejas están aún en fase experimental. El papel del sector privado en la ejecución y la financiación de la investigación biotecnológica es marginal. Las actividades de los laboratorios privados se limitan a la micropropagación de cultivos comerciales, tales como frutas, hortalizas y flores.

La infraestructura existente varía considerablemente. Además de los laboratorios capaces de realizar investigaciones competitivas internacionalmente, hay otros que aún no disponen de los suministros elementales. En la biotecnología animal, la infraestructura es particularmente escasa y antigua. Por el contrario, Chile parece estar bastante avanzado en lo que hace a las redes informáticas y a otros usos de las computadoras.

Hay una clara insuficiencia de recursos humanos en biotecnología, con respecto tanto al número de investigadores como a la proporción de ellos que tienen estudios de postgrado. Por otro lado, hay una cantidad considerable de investigadores chilenos bien capacitados que trabajan en el extranjero, pero la falta de puestos atractivos impide que regresen al país. Asimismo, no bastan los científicos capacitados en biotecnología para introducir tecnologías modernas, lo que demora la capacitación de profesionales jóvenes.

Chile carece de un sistema nacional de apoyo y coordinación de la biotecnología agropecuaria (y de la biotecnología en general). No existe una estructura para promover la interacción, aportar incentivos ni establecer prioridades de investigación en esta área. Por ello, la colaboración entre los biotecnólogos chilenos es insuficiente. Sus vínculos con otros investigadores, particularmente con los fitomejoradores, son escasos y casi no existen con el sector productivo. Además, la falta de coordinación nacional de la investigación biotecnológica dificulta la obtención de una reglamentación al respecto así como su aplicación.

2.4. La Iniciativa para un Programa Nacional de Biotecnología

Como se dijo antes en este capítulo, el sector agropecuario y forestal ha contribuido considerablemente al desempeño económico de Chile. Con el fin de mantener y fortalecer la competitividad del sector, el Ministro de Agricultura definió una nueva estrategia que incluye la diversificación de la producción, la mejora de la calidad, la reducción de los costos de producción, un mayor valor agregado a la agricultura de exportación y la protección del entorno na-

tural. Se espera que el sistema de ciencia y tecnología desempeñe una función clave en este contexto (Muñoz 1997) porque a Chile le resulta cada vez más difícil tener acceso gratuitamente a las tecnologías extranjeras. En el subsector de horticultura y frutas, el país depende mucho de variedades procedentes del exterior y el pago de regalías está aumentando gradualmente los costos de producción, lo que erosiona su competitividad (MINAGRI, 1996).

El Ministerio de Agricultura considera que la biotecnología es un instrumento importante en favor de su nueva política que le permitirá reducir la dependencia de la tecnología extranjera. Por ello, inició un Programa Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria (PNB) y encomendó al INIA que coordinara su elaboración. Este último creó un Comité Asesor Técnico que encargó a un consultor de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) que llevara a cabo la encuesta mencionada anteriormente sobre el potencial y las limitaciones de la biotecnología agropecuaria en Chile. A continuación, se contrató a un equipo de expertos internacionales para preparar el proyecto de propuesta para el PNB. Se organizaron tres talleres para determinar las prioridades en biotecnología vegetal, animal y forestal respectivamente. Sus resultados, junto con el proyecto de propuesta, fueron presentados a la conferencia de planificación que contó con una amplia participación nacional e internacional. Es interesante notar que, a pesar de las numerosas invitaciones, muy pocos representantes del sector privado asistieron a la conferencia (Muñoz, 1998).

La propuesta final recomienda que se asignen 44 millones de dólares al PNB durante 10 años. Su principal objetivo es duplicar la capacidad actual del país en materia de biotecnología, tanto en recursos humanos como en infraestructura física para estimular la competitividad del sector agropecuario. Con respecto a la formación de recursos humanos, cabe asignar fondos a los programas de especialización y a los intentos por repatriar investigadores del extranjero. Además, los científicos y los administradores deben poseer capacitación en cuestiones jurídicas, como la bioseguridad y los derechos de patente. La mayoría de los fondos debe reservarse para subvenciones por concurso. La propuesta no aborda la cofinanciación con el sector privado ya que la encuesta indicó que éste no tiene ningún interés inmediato en la biotecnología. Sin embargo, la interacción con él debe ser un criterio importante para la aprobación de proyectos de investigación (Muñoz 1997).

2.5. Prioridades más Claras

La propuesta del programa fue muy bien recibida por las autoridades políticas y por la comunidad científica. Pero no se logró uno de sus objetivos, a saber, elaborar una serie de ideas bien definidas en materia de investigación, de las cuales podrían derivarse proyectos específicos. En los talleres mencionados anteriormente los participantes determinaron prioridades al debatir simple e informalmente la cuestión con los grupos de trabajo. Según Muñoz (1997, p. 14), el conjunto de prioridades resultante para las disciplinas biotecnológicas es demasiado general y “de poca ayuda para la evaluación de propuestas individuales de proyectos”.

Por lo tanto, fue imposible determinar criterios específicos. Más aún, la secuencia sugerida para el desarrollo de la biotecnología creó cierta confusión con respecto a la selección de criterios de decisión. El PNB reconoció la necesidad de crear capacidad como un primer paso fundamental concentrándose, en una fase posterior, en la elaboración de productos específicos. Pero se puso claramente de manifiesto que no bastaría con usar los criterios del objetivo anterior; habrá que incluir criterios adicionales que reflejen los objetivos nacionales. Para que pueda funcionar el programa de biotecnología, es urgente establecer criterios específicos para la financiación de proyectos individuales.³ Por eso, Chile estaba tan interesado en determinar las prioridades para el PNB. Por otra parte, la situación chilena ofrecía excelentes condiciones para el estudio de caso planeado.

3 Según Vio (1995), los proyectos específicos deberían servir de base para la asignación de los recursos del PNB.

3. Procedimiento

3.1. Enfoque Metodológico

El proceso jerárquico analítico (AHP) fue la metodología aplicada en el procedimiento (Saaty, 1980). Es una herramienta que facilita la toma de decisiones en función de criterios múltiples y, por lo tanto, sirve de ayuda para los problemas muy complejos como la asignación de recursos públicos. En Zahedi (1986), Golden, Wasil y Levy (1989) y Vargas (1990) se mencionan numerosas aplicaciones en diversos campos. También se lo usó para seleccionar proyectos de investigación en el sector privado (Lockett y otros, 1986; Liberatore, 1989).

Se lo puede comparar con los métodos de calificación por puntaje (para un debate sobre esta metodología veáanse, por ejemplo, Norton (1994) y Alston *et al.* (1995)). Los principios son parecidos ya que ambos tienen un enfoque en función de criterios múltiples, ponderan los criterios de decisión y evalúan sucesivamente los proyectos considerados, relativos a cada criterio, utilizando una escala. Sin embargo, el AHP emplea una jerarquía para estructurar sistemáticamente el problema. La diferencia más importante es que en este último la determinación del peso de los criterios y la evaluación de los proyectos se realizan mediante una escala *relativa*. Esto facilita la comparación de los elementos al tratarse de efectos intangibles. Además, utiliza la misma escala para todas las comparaciones mientras que el método de calificación por puntaje usa escalas diferentes, lo que a menudo plantea problemas de coherencia en la síntesis de los resultados parciales. El ISNAR (1998) presenta en su *homepage* la comparación de las diferentes metodologías aplicadas para determinar prioridades.

La metodología AHP se caracteriza por una serie de propiedades favorables que se describen a continuación (por ejemplo, Dyer y Forman, 1992; Forman, 1993; Saaty, 1994 y 1995).

- La flexibilidad en la estructuración del problema permite tener en cuenta aspectos específicos y modificar el modelo aun durante el proceso.
- Al aplicar – en forma explícita – juicios subjetivos de diferentes expertos se genera la información necesaria (pero a menudo difícilmente accesible en evaluaciones *ex ante*) para tomar una decisión bien fundada.
- La metodología favorece la toma de decisiones en grupo, mejora la aceptación del resultado y permite la participación de los grupos afectados por la decisión. Un enfoque participativo también equilibra la subjetividad de las opiniones personales.
- Permite calcular un coeficiente de incoherencia en los juicios aportados, mejorando así la calidad de la decisión y detectando una conducta estratégica.

- La gran transparencia del proceso permite mejorar la comunicación y defender los resultados, un requisito fundamental para la adopción de decisiones en el sector público.
- Finalmente, hay un programa electrónico (*Expert Choice*) de apoyo para la aplicación de esta metodología.

El AHP se basa en tres principios: i) la descomposición del problema y la estructuración de sus elementos en forma jerárquica; ii) los juicios comparativos de los elementos y iii) la síntesis de las comparaciones para obtener las prioridades finales.

En la Figura 1 se presenta la estructura básica de una jerarquía. En el primer nivel se encuentra la meta general del problema, por ejemplo, 'determinar la prioridad de los proyectos para que reciban financiación de un fondo de investigación'. El segundo nivel contiene los criterios que son pertinentes para lograr esta meta. Los proyectos ocupan el nivel inferior. Para facilitar las comparaciones, los criterios se dividen en subcriterios añadiendo otro nivel entre los criterios y los proyectos.

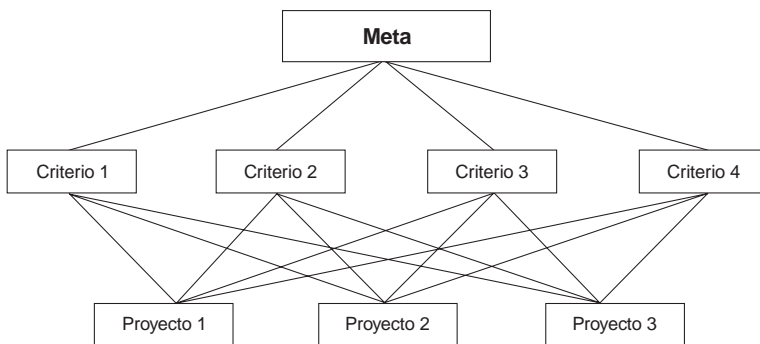


Figura 1. Estructuración jerárquica del problema

La evaluación de los proyectos se realiza por comparaciones de pares con respecto a cada criterio. La ponderación de los promedios de los criterios se obtiene de la misma forma. Para las comparaciones relativas, se aplica la escala fundamental presentada en el Cuadro 2. La escala fue concebida por Saaty (1980) y se basa en la capacidad humana de distinguir entre dos elementos. Los términos verbales facilitan la comparación por pares que se exige a los expertos. Para el cálculo de las prioridades estos términos se transforman en los números equivalentes. El uso de los diferentes adjetivos (importante, probable, preferido) depende de los elementos evaluados.

Cuadro 2. Escala fundamental para la comparación por pares

Valor numérico	Escala verbal
1	De importancia, probabilidad o preferencia igual
3	Moderadamente más importante, probable o preferido
5	Mucho más importante, probable o preferido
7	Muchísimo más importante, probable o preferido
9	Extremadamente más importante, probable o preferido
2,4,6,8	Valores intermedios para reflejar una solución intermedia

La Figura 2 contiene la matriz para las comparaciones por pares. Los valores de cada casillero ($c_{j,k}$) se obtienen a partir de los juicios de los expertos emitidos como respuesta a la siguiente pregunta: ¿Qué proyecto prefiere con respecto al criterio X, el proyecto 1 o el 2, y en qué medida? Obviamente, el valor de la diagonal siempre es uno (1). Los valores por debajo de esta diagonal corresponden al valor recíproco de los que están por encima de ella. De todas formas la cantidad de comparaciones es redundante (si se compara el proyecto 1 con el 2 y después con el 3, la relación entre los proyectos 2 y 3 está dada implícitamente). Las comparaciones indirectas y directas originan juicios más fundados y permiten estimar la coherencia de los juicios obtenidos por el experto.

La prioridad local (p_j^X), es decir, la determinación de la prioridad del proyecto j con respecto al criterio X , se calcula con el método de Eigenvector (Saaty, 1977), por medio de un programa informático. La comparación por pares de los proyectos se repite para todos los criterios y también para la importancia de estos últimos, con el fin de alcanzar la meta indicada en el primer nivel.

Comparación de los proyectos con respecto al criterio X

	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Prioridad local
Proyecto 1	$c_{1,1} = 1$	$c_{1,2}$	$c_{1,3}$	p_1^X
Proyecto 2	$1/c_{1,2}$	$c_{2,2} = 1$	$c_{2,3}$	p_2^X
Proyecto 3	$1/c_{1,3}$	$1/c_{2,3}$	$c_{3,3} = 1$	p_3^X

Nota: $c_{j,k}$ es la comparación en términos de la escala fundamental entre los proyectos j y k .

Figura 2. Matriz para comparaciones por pares

Una vez que se generan todas las prioridades locales y las ponderaciones, se suman los productos de ambas, para cada criterio, con objeto de obtener la prioridad global del proyecto. Para este proceso también se recurre a un programa informático.

Ya se han mencionado las ventajas de la aplicación de medidas relativas (comparaciones por pares). Sin embargo, cuando son muchos proyectos, la evaluación resulta muy pesada por el gran aumento en la cantidad de comparaciones. Por ello, se elaboró una alternativa para evaluarlos. Se define una escala de intensidad para los criterios con el fin de asignar a los proyectos una intensidad que corresponde a su comportamiento respecto al criterio considerado. La Figura 3 presenta la estructura de la jerarquía utilizando escalas de intensidad. En el nivel inferior aparecen las escalas de intensidad en lugar de los proyectos. Las diversas intensidades (excelente, bueno, etc.) son un ejemplo de una escala. Hay bastante flexibilidad para utilizar las escalas, es decir, que pueden variar el grado de detalle y la denominación de la intensidad de un criterio a otro. Para trabajar con escalas, deben respetarse tres pasos: i) determinar la escala, ii) definir las intensidades respecto al criterio y iii) ponderar las propias intensidades.

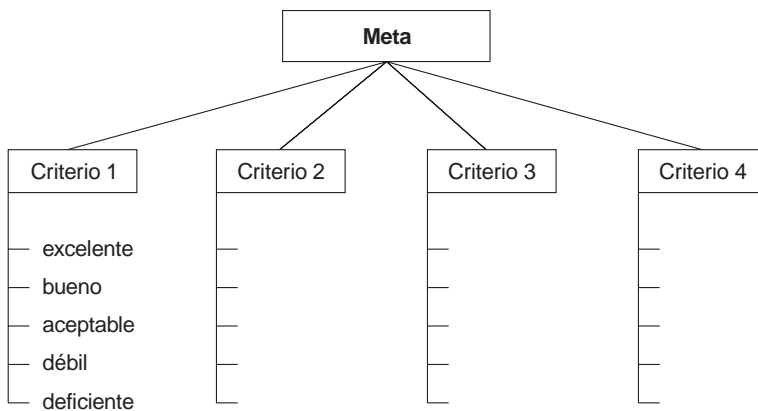


Figura 3. La estructura jerárquica con escalas de intensidad

Es importante destacar que al recurrir a medidas relativas y absolutas se utilizan dos conceptos distintos. Sin embargo, ambos usan comparaciones por pares en la parte superior de la jerarquía y se distinguen solamente en lo que hace al tratamiento de los proyectos. El Cuadro 3 presenta la comparación entre los dos conceptos con respecto a la escala que se utilizará.

Se aplicaron ambos conceptos en el ejercicio presentado y por eso se retomará este aspecto, en particular en lo relativo a las consecuencias para comprender los resultados.

Cuadro 3. Uso de las distintas escalas dependiendo del concepto

Evaluación de:	Medida relativa	Medida absoluta
Criterios	Escala fundamental	Escala fundamental
Subcriterios	Escala fundamental	Escala fundamental
Escalas de intensidad	No disponible	Escala fundamental
Proyectos	Escala fundamental	Escala de intensidad

3.2. Ejercicio

El procedimiento seguido para determinar la prioridad de proyectos biotecnológicos se recoge en la Figura 4. La tarea consiste en 10 etapas que se han agrupado en cuatro encuentros principales: la reunión inicial, los talleres 1 y 2, y la reunión final. Varios expertos del MINAGRI, el CONICYT, la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), el INIA y el PNB así como de universidades y del sistema de transferencia tecnológica participaron en las distintas etapas del proceso. La planificación del PNB mostró que el sector privado no tiene un interés inmediato en la biotecnología (véase la sección 2.4) y, por lo tanto, se decidió no incluir a sus representantes en esta labor. Tampoco participaron otros usuarios finales de las tecnologías elaboradas, como los agricultores, porque este grupo no fue incluido en el estudio de caso. En adelante habrá que tener en cuenta también a los representantes de los usuarios finales.

El trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) porque es la institución pública más importante dentro de la investigación agropecuaria en Chile y, por lo tanto, el principal beneficiario del PNB. El estudio de caso, que se llevó a cabo luego de un viaje de reconocimiento, duró nueve meses. Sin embargo, este plazo no es representativo del tiempo requerido para una tarea así. Se trata de una experiencia piloto con todo un trabajo adicional que incluye la formulación y la selección de los proyectos (una tarea que demoró más de dos meses), la elaboración del principio de una lista de criterios, el tratamiento de los problemas teóricos y las repetidas modificaciones del modelo. Por lo tanto, es muy difícil deducir de este ejercicio cuánto tiempo se necesitará. Además, depende de la cantidad de proyectos, de la disponibilidad de datos y del grado de detalle del análisis.

Algo parecido ocurre con los costos involucrados. No es posible realizar una estimación razonable, basada en el trabajo debido a su especificidad. Cabe señalar que los investigadores necesitan mucho tiempo. En consecuencia, resulta costoso llevar a cabo de esta forma dicha tarea. Un factor importante son los gastos en que se incurre al obtener los datos necesarios. En este sentido, los costos del procedimiento dependen mucho de la disponibilidad general de información en el país. Volveremos a tratar este punto más adelante.

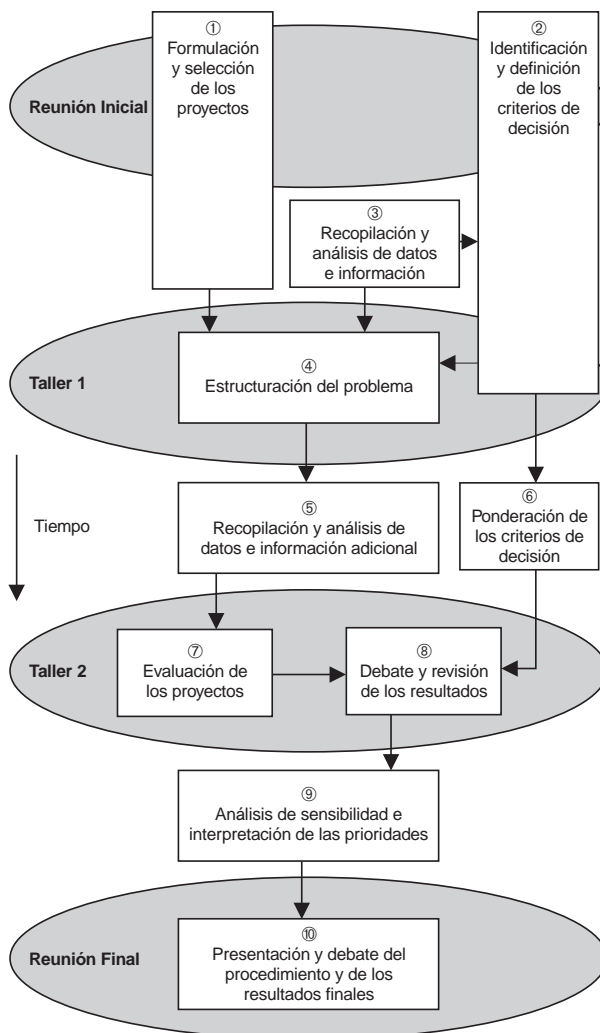


Figura 4. Procedimiento para el establecimiento de prioridades

3.3. Etapas

En esta sección, se describen las etapas del procedimiento, se presentan los proyectos, los criterios y el modelo, y se abordan algunos puntos específicos del trabajo.

1. *Formulación y selección de los proyectos*

En esta primera etapa los investigadores de diferentes Centros Regionales de Investigación (CRI) del INIA aportaron ideas sobre proyectos biotecnológicos para que los evaluara el PNB. Para ello se diseñó un formulario. Las ideas dadas fueron presentadas y discutidas durante la reunión inicial. Para obtener

una cantidad de proyectos adecuada a los recursos disponibles para este trabajo, se seleccionaron siete. La selección se realizó durante una reunión con el coordinador de biotecnología del INIA y el subdirector de la División de Estudios, Planificación y Proyectos (DEPP) del CRI La Platina. Los criterios aplicados fueron i) la madurez de la propuesta, ii) la pertinencia científica para el PNB y iii) la existencia de un componente importante de ‘investigación’ comparado con aquel de ‘desarrollo’. El objetivo de esta preselección era reducir la cantidad y la heterogeneidad de la cartera de proyectos a un nivel manejable, dado lo limitado de los recursos y del tiempo del coordinador del estudio. No obstante, se mantuvo cierta heterogeneidad en el grupo de proyectos seleccionados.

Los siete proyectos escogidos para la evaluación fueron concebidos por investigadores de renombre internacional con amplia experiencia en biotecnología. Trabajaron intensamente y con gran dedicación en las propuestas detalladas. La factibilidad y la gran calidad de la mayoría de los proyectos fueron confirmadas por expertos externos que evaluaron las propuestas en un proceso de revisión por pares (*peer review*; Gapasin y Uribe, 1994). Los resúmenes de los proyectos y los comentarios de los evaluadores externos se presentan en el Anexo 1. Los siete proyectos son:

1. *Chirimoya*

Título:	Transformación genética de la chirimoya (<i>Annona cherimola</i> Mill.) para la obtención de fruta con maduración retardada.
Unidad ejecutora:	CRI La Platina
Objetivo general: ⁴	Generar nuevas variedades de chirimoyas con frutos con maduración retardada que le otorgue resistencia al transporte a larga distancia y mejore la vida postcosecha.
Duración:	3 años
Recursos solicitados:	PC\$ 69.000.000

2. *Uva*

Título:	Transformación genética de la vid para inducir la resistencia a los hongos fitopatógenos.
Unidad ejecutora:	CRI La Platina
Objetivo general:	El objetivo general del proyecto es llegar a obtener una nueva variedad de vid total o parcialmente resistente al ataque de las dos enfermedades fungosas que más afectan al cultivo de esta especie en Chile (Oidio y Botrytis).

4 Cabe notar que el objetivo general se refiere al resultado final de la línea respectiva de investigación con el fin de evaluar las consecuencias para el sector productivo. Es decir, hacen falta varios proyectos adicionales para alcanzar este objetivo. Así pues, el periodo de tiempo necesario puede ser igual o superior a 10 años.

Duración: 3 años
Recursos solicitados: PC\$ 60.000.000

3. Papa

Título: Utilización del mapa de ligamiento de RFLP con el marcador del gen H1 para el mejoramiento genético de la papa con resistencia al nemátodo del quiste (*Globodera rostochiensis*) en Chile.

Unidad ejecutora: CRI Remehue y CRI La Platina

Objetivo general: El objetivo final de este proyecto es el desarrollo de variedades de papa con resistencia durable al nemátodo dorado del quiste de la papa (*Globodera rostochiensis*).

Duración: 2 años
Recursos solicitados: PC\$ 29.000.000

4. Tomate

Título: Uso de marcadores moleculares para estudios de diversidad genética del germoplasma nativo del tomate (*Lycopersicon* sp.).

Unidad ejecutora: CRI La Platina

Objetivo general: Optimizar sistemas de conservación in situ del germoplasma silvestre del género *Lycopersicon* e identificar genes interesantes para su introgresión en cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*).

Duración: 2 años
Recursos solicitados: PC\$ 24.000.000

5. Trigo

Título: Implantación de técnicas de ingeniería genética aplicables al manejo integrado de las enfermedades fúngicas de las plantas (etapa preliminar).

Unidad ejecutora: CRI Carillanca

Objetivo general: Implantación de técnicas de ingeniería genética aplicables al manejo integrado de enfermedades fúngicas de las plantas.

Duración: 3 años
Recursos solicitados: PC\$ 42.000.000

6. Nothofagus

Título: Caracterización bioquímica, molecular y dasométrica en poblaciones de seis especies del género *Nothofagus* que crecen entre las regiones V y IX de Chile.

Unidad ejecutora: CRI Quilamapu

Objetivo general:	Determinar la diversidad genética de seis especies de <i>Nothofagus</i> , utilizando marcadores morfológicos, bioquímicos y moleculares.
Duración:	3 años
Recursos solicitados:	PC\$ 173.000.000

7. Flores

Título:	Caracterización, selección y producción de flores nativas de Chile con posibilidades de exportación.
Unidad ejecutora:	CRI Quilamapu
Objetivo general:	Valorar, caracterizar y conservar los recursos de dos especies florales nativas.
Duración:	3 años
Recursos solicitados:	PC\$ 82.000.000

2. *Identificación y definición de los criterios de decisión*

Los objetivos nacionales de desarrollo sirvieron de punto de partida para elaborar una lista inicial de criterios de decisión. De éstos se derivaron objetivos más específicos para el sector agrícola y la investigación agropecuaria, tomando en cuenta varios documentos del MINAGRI, del INIA y del PNB. Además, se consideraron una serie de criterios para evaluar la probabilidad de éxito de los proyectos destinados al desarrollo y la transferencia de tecnología.

En la reunión inicial se organizó el primer debate de la lista. En él quedó claro el carácter estratégico de la definición (y también la ponderación de los promedios) de los criterios. En consecuencia, se decidió que ambas competían a las autoridades de investigación y que, por lo tanto, era necesario trabajar con dos grupos distintos. El grupo estratégico estuvo compuesto de gerentes de investigación y expertos en campos específicos. Se encargaron de la selección, la definición y la determinación del peso de los criterios. Los líderes de los proyectos y los planificadores de la investigación formaron el grupo técnico. Su responsabilidad fue definir los subcriterios y la evaluación de los proyectos.

Posteriormente, se realizó una reunión con las autoridades de investigación pública destinada a determinar los objetivos de la biotecnología en Chile y debatir la lista propuesta de los criterios de decisión para la determinación de prioridades de los proyectos (Cuadro 4). Las categorías 1 a 4 y los criterios respectivos se refieren a los objetivos de investigación agropecuaria y, más específicamente, del Programa Nacional de Biotecnología. Mientras las categorías 1 a 3 representan los objetivos nacionales en general, la categoría 4 surgió de la intención del Gobierno de aumentar la “autosuficiencia tecnológica”. Fue esto lo que motivó principalmente la creación del PNB. Los criterios de las dos últimas categorías tratan de determinar la incertidumbre relativa al éxito de la investigación y la transferencia. La lista de criterios se basa en varios documentos políticos así como en largos debates con expertos de planificación.

Cuadro 4. Lista propuesta de criterios

Categorías	Criterios
1 Criterios económicos	<ul style="list-style-type: none">· Beneficios sociales· Beneficios privados· Costos del proyecto· Potencial de exportación
2 Criterios sociales	<ul style="list-style-type: none">· Distribución entre regiones· Distribución entre productores· Riesgo para la salud· Mercado de trabajo
3 Criterios medioambientales	<ul style="list-style-type: none">· Agua· Suelo· Recursos no renovables· Biodiversidad· Bioseguridad
4 Criterios de capacitación	<ul style="list-style-type: none">· Capacitación institucional· Capacitación de recursos humanos
5 Criterios del éxito en la investigación	<ul style="list-style-type: none">· Recursos humanos· Marco institucional· Características de la tecnología· Entorno de la investigación
6 Criterios del éxito en la transferencia	<ul style="list-style-type: none">· Variedad de usuarios finales· Situación de los usuarios finales· Rentabilidad para los usuarios finales· Sistema de transferencia· Aceptación pública

Esta lista de criterios potenciales estuvo sujeta a modificaciones adicionales, realizadas tanto en el primer taller como en el segundo. Hubo que excluir los (sub)criterios con poca pertinencia con respecto a la cartera de proyectos considerados. Otra razón para descartar criterios fue la falta de información. En algunos casos, la pertinencia de los criterios o la disponibilidad de información se puso de manifiesto sólo durante la evaluación de los proyectos.

3. *Recopilación y análisis de datos e información*

Esta etapa sirvió para refinar la lista de criterios y la búsqueda de indicadores inequívocos y aplicables. Se elaboraron perfiles de cultivos para facilitar la identificación de las consecuencias principales de cada proyecto. Se encomendó esta tarea a una consultora especializada en recopilación y procesamiento de información agrícola. Con el fin de conocer en detalle los proyectos, el coordinador se entrevistó largamente con los investigadores responsables (a menudo en presencia de otros investigadores del equipo). Esta actividad también tenía por objeto comunicar a los investigadores los aspectos importantes para los dos talleres a los que asistieron.

4. Estructuración del problema

A esta etapa se dedicó un taller de dos días con la participación del grupo técnico. La definición del modelo para el establecimiento de prioridades comprende la determinación de los criterios, su estructuración jerárquica y la combinación de las diferentes jerarquías. Ya existía una lista potencial de los criterios proveniente de la etapa 2. La estructura de las jerarquías había sido preparada anteriormente y fue discutida parcialmente en la reunión de criterios.

Nuestro modelo se compone de tres jerarquías: la jerarquía principal (J1) establece prioridades respecto a los *Impactos Potenciales* de los proyectos, la segunda jerarquía (J2) evalúa la probabilidad del *Éxito de la Investigación* y la tercera jerarquía (J3) el *Éxito de la Transferencia*. La estructura de las tres jerarquías (Figuras 5 a 7) representa el resultado de dos días de intensos debates durante el primer taller. Cada una de ellas está compuesta de una meta global (como se nota en el enfoque del PNB), un nivel con los criterios, otro con los subcriterios y el nivel inferior con los siete proyectos considerados.

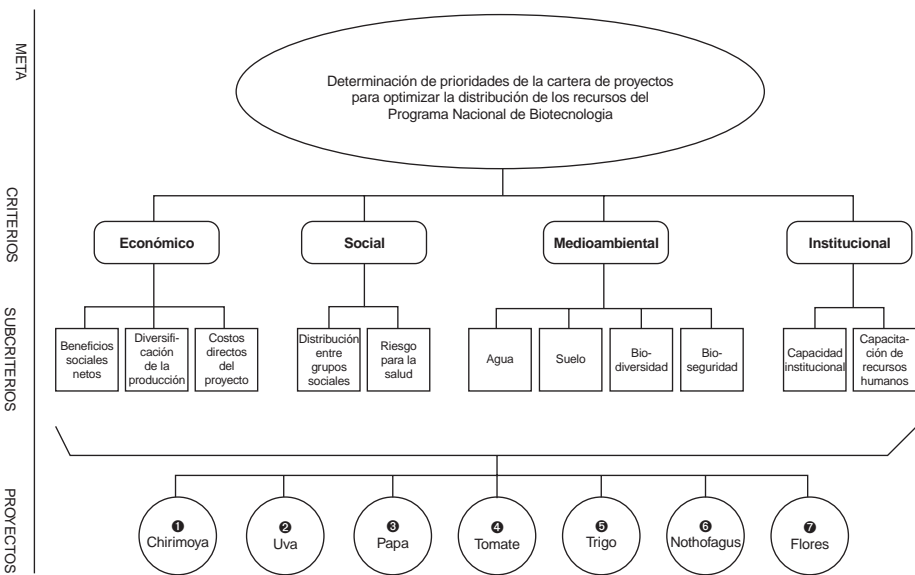


Figura 5. Jerarquía 1: Impactos potenciales

El presente proyecto se concentra en la incertidumbre y, por eso, trata minuciosamente de las probabilidades de éxito. El uso de tres jerarquías facilita la estimación por separado de los impactos potenciales y de las probabilidades de éxito con respecto a la investigación y a la transferencia tecnológica.

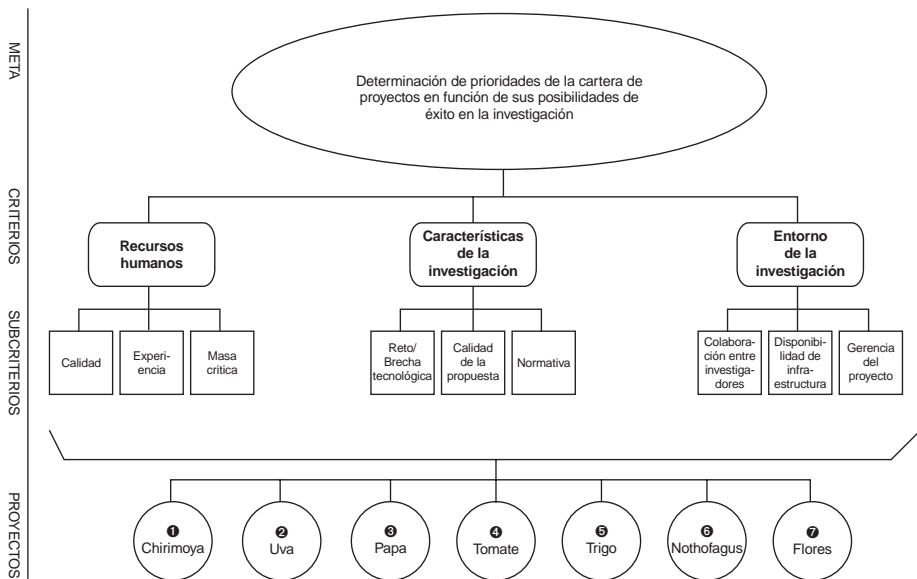


Figura 6. Jerarquía 2: Éxito de la investigación

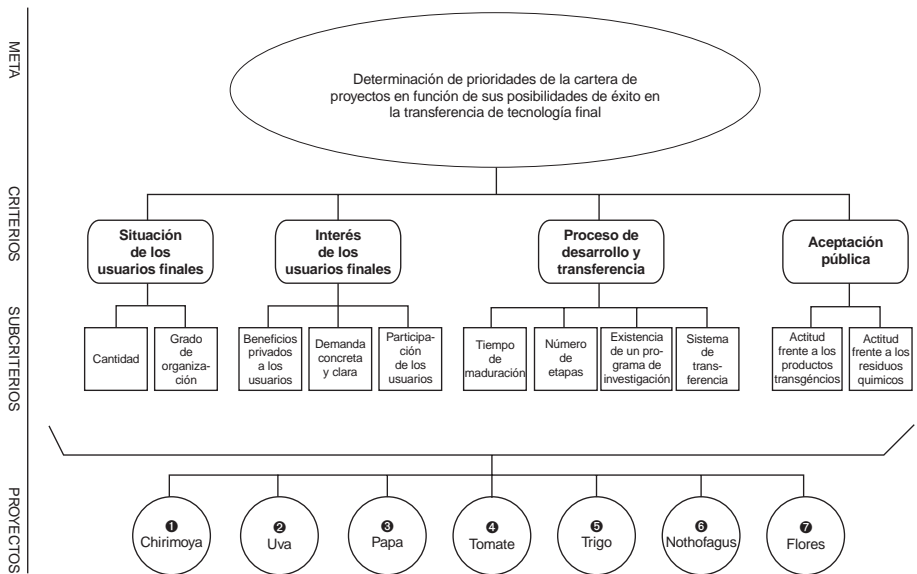


Figura 7. Jerarquía 3: Éxito de la transferencia

El estudio de los tres factores por separado se basa en obras del ISNAR (Jansen y Kissi, 1997). Aunque la transferencia de los resultados de la investigación sólo sea a plazo medio, reviste una importancia inmediata para seleccionar proyectos prometedores. La importancia de este factor se pone de manifiesto en la considerable atención que recibe en la bibliografía examinada por Feder *et al.* (1985) y Feder y Umali (1993).

Para llegar a la determinación final de prioridades de los proyectos, se multiplican los resultados de la jerarquía *Impactos Potenciales* por los resultados de las otras dos jerarquías que representan la probabilidad de que dichos impactos se produzcan realmente. Sin embargo, no se trata de una simple multiplicación porque no todos los impactos dependen de las probabilidades de éxito. Hay impactos (por ejemplo, los costos del proyecto) que son independientes de ellas; otros se ven afectados por el éxito de la investigación pero no de la transferencia (por ejemplo, los impactos institucionales). Por lo tanto, hay que multiplicar selectivamente los resultados de la primera jerarquía (véase la Figura 14).

5. *Recopilación y análisis de datos e información adicional*

Esta etapa procuró elaborar un documento con la información procesada para apoyar a los participantes del segundo taller en la evaluación de los proyectos. El cumplimiento de las actividades anteriores, en particular la determinación de la lista de criterios, permitió la recopilación de datos específicos para caracterizar los proyectos respecto a los criterios. Las fuentes de información para este documento fueron: i) las propuestas detalladas de los proyectos, ii) las evaluaciones externas y iii) los datos estadísticos así como las publicaciones de los rubros considerados. Se contrató a una consultora para facilitar la tarea.

Se diseñó un formulario para los proyectos propuestos, en el que se incluyeron los indicadores elegidos para recoger información detallada sobre el comportamiento de los proyectos.

Evaladores externos revisaron las propuestas para garantizar la objetividad de la información entregada, para disponer de una base para adoptar una decisión con respecto al criterio ‘calidad de la propuesta’ y para proporcionar información adicional sobre algunas características de los proyectos, tales la complejidad de la tecnología o su pertinencia para la investigación futura. Se concibió un formulario específico para evaluar estos puntos.

La consultora se ocupó de analizar y procesar la tercera fuente de información utilizada en la elaboración del documento mencionado (las estadísticas y publicaciones de los cultivos en cuestión). Estos datos sirvieron en particular para el cálculo del valor actualizado neto (VAN), para la estimación del potencial de diversificación y para complementar las indicaciones relativas a los criterios ‘social’ y ‘medioambiental’.

6. Ponderación⁵ de los criterios de decisión

El grupo estratégico ponderó los criterios y los subcriterios del modelo de evaluación. La mitad de los 21 miembros del grupo procedían del INIA y la otra mitad de las instituciones mencionadas en la sección 3.2. El grupo fue dividido en cuatro subgrupos (se mantuvo la paridad institucional también en los subgrupos). Las ponderaciones realizadas por cada subgrupo se indican en el Cuadro 5. Corresponden a la especialización de los respectivos miembros.

Cuadro 5. Tareas de los distintos subgrupos

Nombre	Número de miembros	Ponderaciones ejecutadas
Subgrupo 1	9	<ul style="list-style-type: none">· Criterios de las jerarquías 1, 2 y 3· Subcriterios del criterio 'institucional' en J1· Subcriterios de los criterios en J2
Subgrupo 2	4	<ul style="list-style-type: none">· Subcriterios de los criterios 'económico' y 'social' en J1
Subgrupo 3	4	<ul style="list-style-type: none">· Subcriterios del criterio 'medioambiental' en J1
Subgrupo 4	4	<ul style="list-style-type: none">· Criterios de la jerarquía 3· Subcriterios de los criterios de J3

Las ponderaciones se obtuvieron a través de las entrevistas, por medio de cuestionarios y con la asistencia del coordinador del proyecto. Como ejemplo, se incluye el cuestionario del subgrupo 3 en el Anexo 2. Las personas proporcionaron sus juicios sobre la importancia de los criterios y subcriterios a través de comparaciones por pares. Los juicios se introdujeron en el programa *Expert Choice* para que el interlocutor conociera inmediatamente la ponderación que resultaba de sus comparaciones. Además, el programa calculaba un coeficiente de incoherencia para cada matriz. De esta manera, las personas tenían la oportunidad de hacer comentarios y, si era necesario, modificar sus opiniones.

7. Evaluación de los proyectos

La determinación de prioridades de los proyectos biotecnológicos se llevó a cabo en el segundo taller con el grupo técnico. Para determinar las prioridades, los participantes se dividieron en dos grupos. Cabe señalar que fue modificado el modelo que se presenta en las Figuras 5 a 7. En las jerarquías 2 y 3, se eliminó el nivel de los subcriterios y se evaluaron los proyectos directamente con respecto a los criterios. Los subcriterios sirvieron como indicadores ponderados. Además, se utilizaron las medidas absolutas en estas dos jerarquías para reducir la cantidad de comparaciones por pares. Otra razón

5 "Ponderación" es el proceso de estimar, es decir, determinar la importancia relativa de los criterios y expresarlos en porcentajes.

para usar escalas de intensidad fue la necesidad de aproximarse a las probabilidades con los resultados obtenidos. Los valores relativos no sirven para ello. Las dos jerarquías modificadas con las escalas de intensidad, para los diversos criterios, se presentan en las Figuras 8 y 9.

Después de determinar las escalas, los participantes definieron las intensidades con respecto al criterio, es decir, el significado de ‘excelente’, ‘bueno’ etc. en el contexto del criterio considerado. La ponderación de las intensidades se realizó con comparaciones por pares. Se utilizaron varios formularios para facilitar estas actividades.

La evaluación de los impactos potenciales de los siete proyectos (jerarquía 1) se llevó a cabo por medio de comparaciones por pares y la única modificación fue la eliminación del subcriterio ‘agua’ dentro del criterio ‘medioambiental’. El grupo decidió que este recurso no se veía afectado y, por lo tanto, no conllevaba un potencial de discriminación relativo a la cartera de los proyectos.

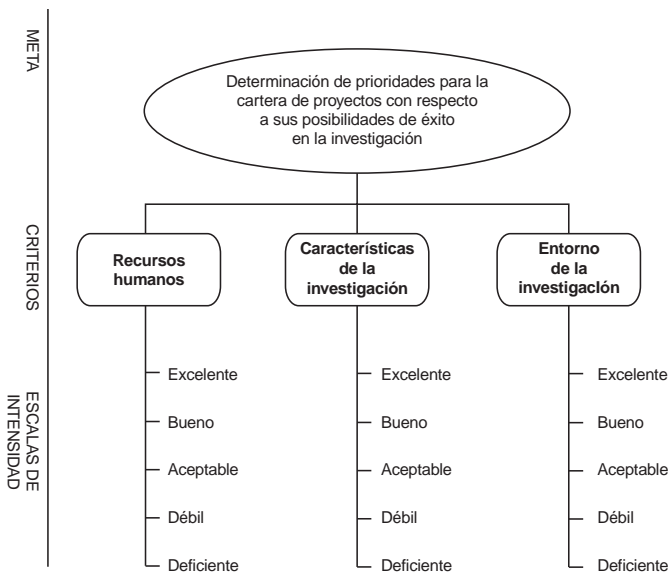


Figura 8. La jerarquía éxito de la investigación utilizada en la evaluación

8. Debate y revisión de los resultados

La jerarquía 2 fue la que requirió de una mayor revisión. Los primeros resultados (la determinación de prioridades de los proyectos con respecto a su probabilidad de éxito en la investigación) fueron poco satisfactorios. El error estaba en el nivel de agregación y en la ubicación inadecuada del subcriterio ‘calidad de la propuesta’. En consecuencia, se introdujeron nuevamente los subcriterios, lo que implicó la repetición del proceso con las escalas. Los participantes de este grupo utilizaron de nuevo la misma escala para todos los

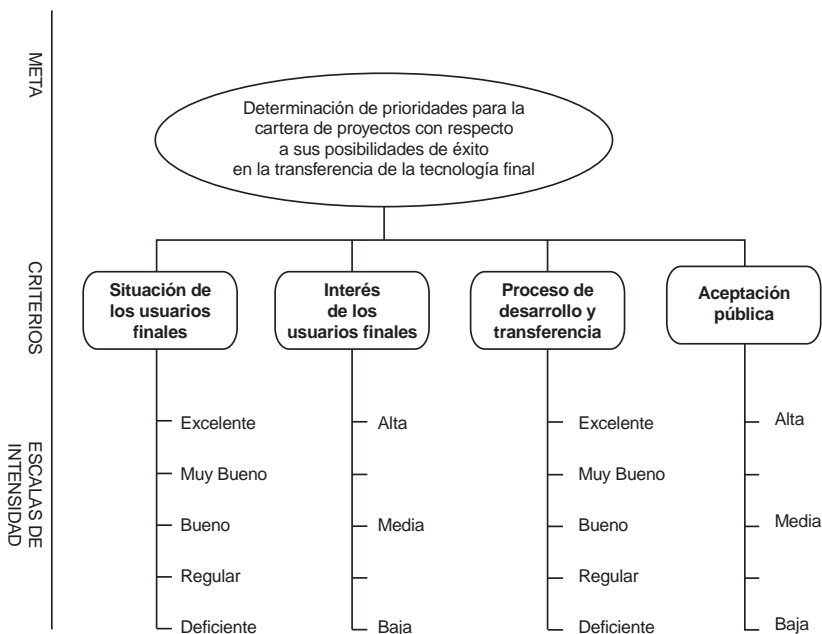


Figura 9. La jerarquía éxito de la transferencia utilizada en la evaluación

subcriterios pero, a diferencia de la primera vez, se mantuvo constante para todas escalas la ponderación de las intensidades.

El grupo consideró de mucha envergadura el subcriterio ‘calidad de la propuesta’. Por lo tanto, se decidió elevarlo al nivel de criterio y concederle la importancia adecuada. Los cuatro subcriterios empleados corresponden a los mismos utilizados en el formulario entregado a los evaluadores (factibilidad de la hipótesis, concordancia entre recursos solicitados y tareas planificadas, resultados preliminares y correspondencia con la bibliografía). Las consecuencias del cambio en la importancia relativa de los criterios y subcriterios de esta jerarquía se analizan en el próximo capítulo.

Esta revisión causó una demora, por lo que impidió el cálculo de los resultados finales y redujo considerablemente el tiempo destinado al debate en el pleno. Sin embargo, se efectuó una evaluación por escrito del trabajo.

9. *Análisis de sensibilidad e interpretación de las prioridades*

Esta etapa consiste en procesar los resultados finales. La evaluación de los resultados generados en el segundo taller puso de manifiesto también algunas imperfecciones que cabía corregir. Para analizar la estabilidad de las prioridades (el orden de los proyectos), se elaboraron varios escenarios en función de diferentes ponderaciones de los criterios de la jerarquía 1. Otro escenario se refiere al tratamiento de los proyectos con respecto a la jerarquía 3. En el siguiente capítulo se comentan algunos aspectos de ello.

10. *Presentación y debate del procedimiento y de los resultados finales*

Esta actividad fue llevada a cabo en la reunión final del estudio de caso, a la cual asistieron los participantes en este trabajo y otras personas interesadas en la toma de decisiones de las instituciones públicas. Además del procedimiento y los resultados se presentaron ante los participantes, las primeras observaciones en relación a las dificultades encontradas y las opciones para superarlas, quienes luego las debatieron. Estos aspectos se retoman en el capítulo 5.

4. Resultados y Análisis

4.1. Importancia de los Criterios

En el Anexo 3 se presenta un cuadro sinóptico con toda la información generada por los expertos en relación con la ponderación de los criterios y subcriterios. El grado de detalle no incluye la comparación por pares de cada uno de los expertos pero sí sus ponderaciones, que fueron calculadas en base a los juicios consignados en los cuestionarios. Así pues, el cuadro presenta las ponderaciones locales y globales como el promedio de las ponderaciones individuales.

A continuación, se presentan los gráficos de las ponderaciones y los comentarios. Las Figuras 10 a 13 muestran porcentajes de los criterios y porcentajes locales de los subcriterios. Sin embargo, los locales aún no muestran

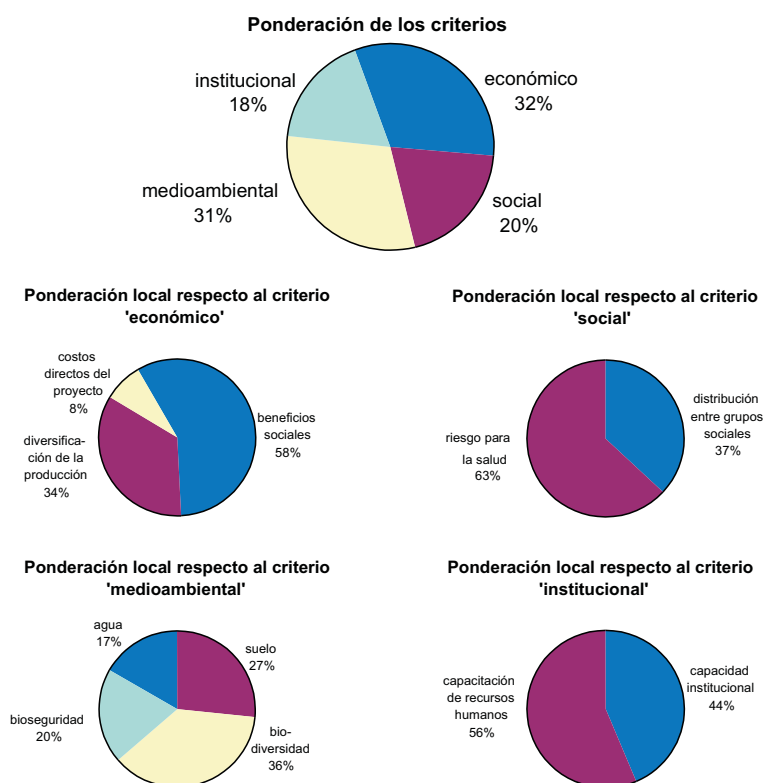


Figura 10. Ponderación de la jerarquía impactos potenciales

la importancia del subcriterio. Sólo la multiplicación por la importancia relativa del criterio a que pertenece indica la relevancia del subcriterio, es decir, su ponderación global.

En la Figura 10 se presenta la situación con respecto a la jerarquía 1. Se observa la importancia equivalente del criterio 'económico' y del 'medioambiental', lo que refleja la gran preocupación por los recursos naturales y una mayor toma de conciencia en cuanto a la necesidad de lograr un crecimiento sostenible. La definición del peso del criterio 'institucional' es la más baja. Esto fue una sorpresa porque el diagnóstico realizado en el marco del PNB destacó claramente que la formación de recursos humanos y el mejoramiento de la capacidad institucional eran las necesidades más urgentes para el PNB. Se puede explicar esto de dos formas: o bien las recomendaciones derivadas del diagnóstico no se basan en un consenso, o bien los respectivos documentos no tuvieron la difusión suficiente.

La escasa importancia del subcriterio 'costos directos del proyecto' se debe al hecho de que los costos ya están incluidos en los beneficios sociales (donde se ha estimado un VAN como valor neto). El subcriterio se refiere al monto absoluto que se solicita al fondo, un elemento que no se expresa en el VAN.

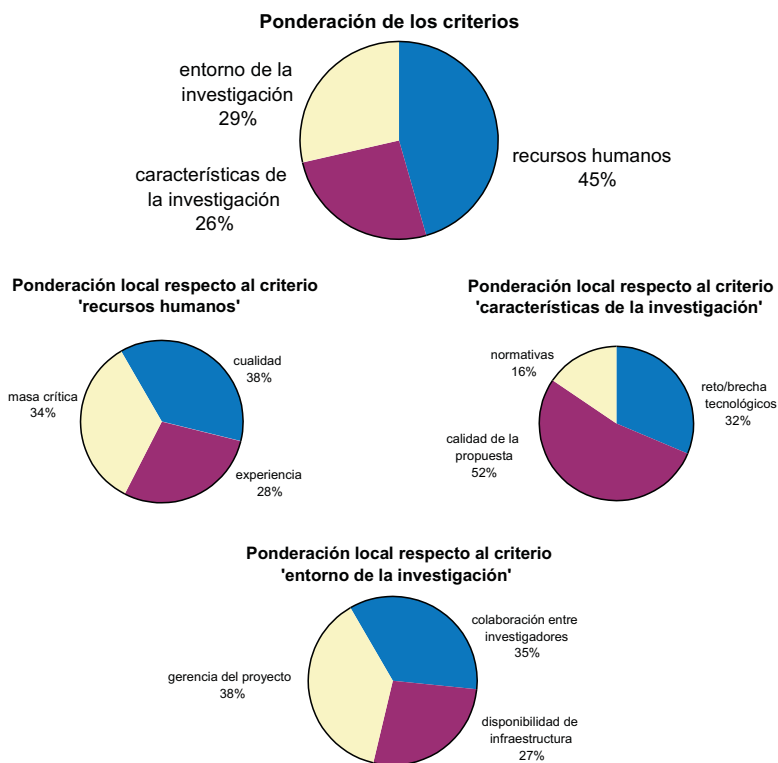


Figura 11. Ponderación de la jerarquía éxito de la investigación

Es interesante observar que el ‘riesgo para la salud’ (debido al contacto de los empleados con los plaguicidas) parece ser más importante que la distribución social de los beneficios de la investigación. Una explicación posible sería que la generación de beneficios (bajo el criterio ‘económico’) se da por sentada ya que implícitamente tiene un efecto distributivo.

Como se mencionó anteriormente, se excluyó el subcriterio ‘agua’ en la evaluación de los proyectos. En este caso, su importancia relativa se distribuyó porcentualmente entre los demás subcriterios por medio del programa. En consecuencia, el subcriterio ‘biodiversidad’ recibe casi la mitad de la importancia del criterio ‘medioambiental’. La ponderación corregida da los siguientes porcentajes: ‘suelo’, 31%; ‘biodiversidad’, 45%; ‘bioseguridad’, 24%. Por último, los dos elementos que determinan el criterio ‘institucional’ no muestran una diferencia significativa en sus ponderaciones. Se debería destacar, sin embargo, que es bastante difícil separar ambos subcriterios.

Como se ha dicho en el capítulo anterior, la estructura de la jerarquía éxito de la investigación fue profundamente modificada. Por lo tanto, no vamos a entrar a debatir estas ponderaciones sino que presentamos la ponderación corregida por los participantes del segundo taller (Figura 12) . Esta ponderación es la pertinente ya que es la que finalmente se usó para la evaluación de los proyectos.

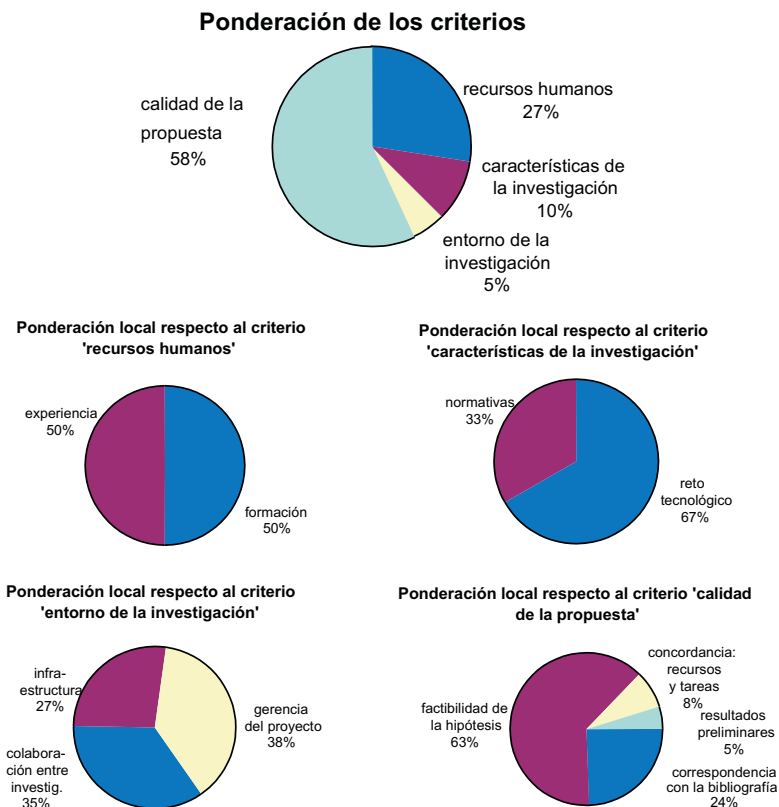


Figura 12. Ponderación revisada de la jerarquía éxito de la investigación

Como puede observarse, en la Figura 12 y en la comparación con la Figura 11, la situación cambió fundamentalmente. La 'calidad de la propuesta' recibió aproximadamente un 60% de la definición del peso en cuanto al éxito de la investigación y, dentro de este criterio, la 'factibilidad de la hipótesis' se considera como factor predominante. Un cuarto de la ponderación respectiva se asignó a la 'correspondencia con la bibliografía' de la investigación planteada en la propuesta, mientras que los dos subcriterios restantes fueron poco importantes.

La introducción de este elemento en los criterios produce ponderaciones moderadas para los demás, por ejemplo, la importancia relativa de los 'recursos humanos' bajó del 45% al 27%. Además, se excluyó el subcriterio 'masa crítica' en el entendimiento de que este factor está incluido en la 'calidad de la propuesta'. La baja ponderación de las 'características de la investigación' tiene sentido dado que la mitad de su importancia provino del subcriterio revalorizado. En cambio, la desaparición casi completa del criterio 'entorno de la investigación' aparece como una subestimación típica por parte de los investigadores.

Por último, se presenta la ponderación de los elementos de la jerarquía 3 (Figura 13). El criterio 'proceso de desarrollo y transferencia' sirve para dife-

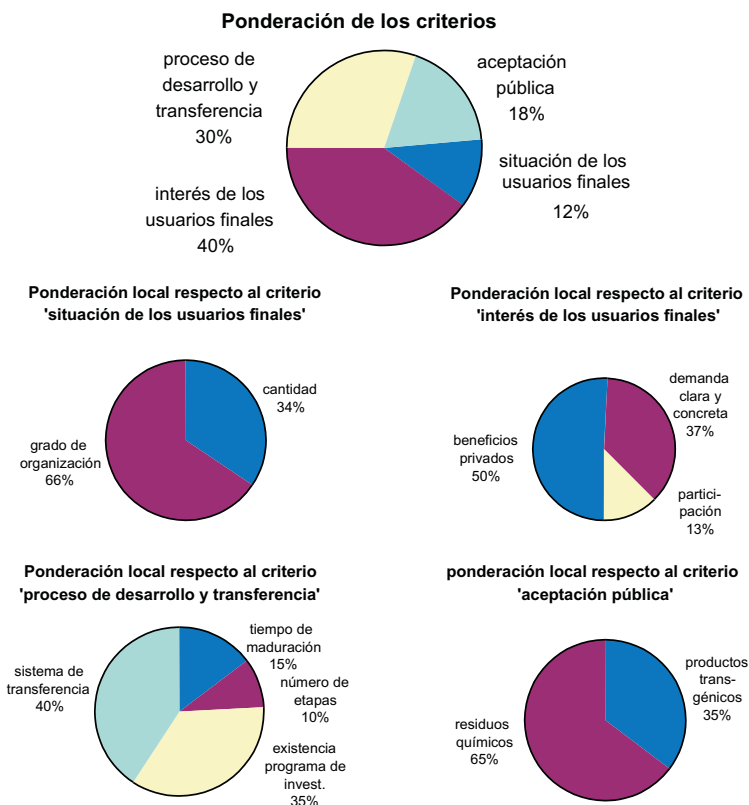
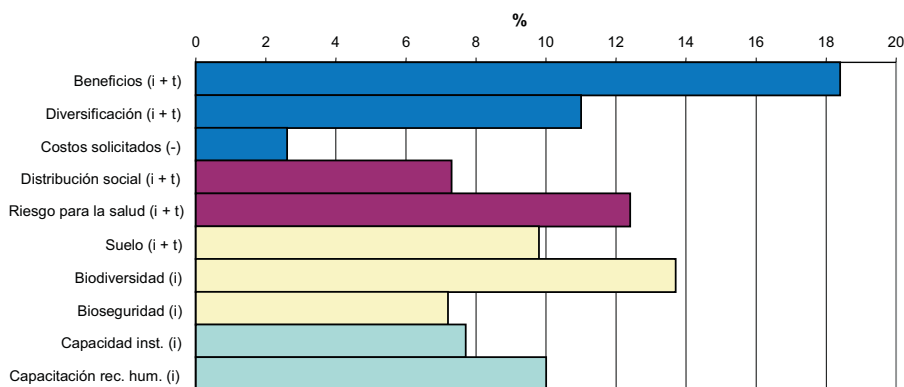


Figura 13. Ponderación de la jerarquía éxito de la transferencia

renciar la investigación estratégica de la investigación aplicada. Esta diferenciación es fundamental para el éxito de la transferencia. Sin embargo, la definición del peso de este criterio (y de los subcriterios ‘tiempo’ y ‘etapas’, en particular) no refleja adecuadamente la situación en este sentido. Pero es importante señalar que parte del criterio de ‘interés de los usuarios finales’, que tiene una ponderación significativa, contribuye a diferenciar la investigación estratégica con respecto a la probabilidad de que un proyecto tenga éxito en la transferencia de su producto final. Se volverá a abordar este aspecto crucial de la evaluación en el capítulo 5.

Según los expertos, la aceptación pública no importa mucho, a diferencia de lo que ocurre en Europa; algo que sorprende aún más es la modesta ponderación de los productos transgénicos comparados con los residuos químicos.

Antes de analizar la coherencia de las ponderaciones, se presenta la importancia relativa global de los subcriterios de la jerarquía 1 (Figura 14). Cada prioridad local de un proyecto, es decir, su comportamiento respecto a un subcriterio definido, se multiplicará por la definición del peso global del subcriterio respectivo, con el fin de obtener la prioridad final del proyecto con respecto a sus impactos potenciales. Para la evaluación de los impactos modificados, se combinan selectivamente estas prioridades con los resultados de las jerarquías 2 y 3. La Figura 14 indica que los impactos están sujetos a una o a ambas probabilidades de éxito.



Nota : (i + t) sujeto a la probabilidad de éxito de la investigación y la transferencia
 (i) sujeto a la probabilidad de éxito de la investigación
 (-) no sujeto a ninguna de los dos

Figura 14. Ponderación global de los subcriterios de la jerarquía impactos potenciales

4.2. Análisis de la Coherencia

En el presente procedimiento existen dos tipos de coherencia que resultan interesantes: aquella entre los juicios de un individuo y aquella entre las ponde-

raciones de los diferentes expertos. Para analizar el primer caso, el programa informático calcula una tasa de incoherencia para cada grupo de comparaciones. Si el valor excede 0,10 se recomienda examinar los juicios formulados (Harker, 1989). Sin embargo, un valor entre 0,10 y 0,20 resulta todavía aceptable. El Cuadro 6 presenta las tasas de incoherencia de los juicios individuales para cada grupo de criterios y subcriterios que tienen más de dos elementos (una matriz con dos elementos produce sólo una comparación, por lo cual no se justifica la pregunta de la incoherencia). Los expertos se representan con números (1 a 21) para permanecer anónimos.

Cuadro 6. Incoherencia en los juicios de los expertos

Incoherencia con respecto	EXPERTO																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
J1-Criterios	0,07	0,08	0,13	0,04	0,18	0,07	0,14	0,18	0,01												
J2-Criterios	0,04	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,01	0,03	0,05												
J3-Criterios	0,12	0,07	0,06	0,07	0,06	0,01	0,12	0,10	0,00									0,07	0,07	0,11	0,03
J1-C1-Subcriterios										0,07	0,05	0,04	0,08								
J1-C3-Subcriterios														0,06	0,07	0,00	0,07				
J2-C1-Subcriterios	0,08	0,13	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00												
J2-C2-Subcriterios	0,04	0,07	0,03	0,04	0,00	0,01	0,05	0,13	0,00												
J2-C3-Subcriterios	0,17	0,00	0,13	0,08	0,00	0,03	0,08	0,13	0,03												
J3-C2-Subcriterios																		0,08	0,00	0,08	0,08
J3-C3-Subcriterios																		0,16	0,16	0,02	0,04

Algunos expertos tuvieron que revisar sus juicios iniciales para llegar a las tasas de incoherencia indicadas en el Cuadro 6. Sólo muy pocos tuvieron que repetir ese análisis para alcanzar una incoherencia aceptable. En general, se puede comprobar que la coherencia es elevada, es decir, en la mayoría de los casos las incoherencias fueron inferiores a 0,10 y siempre estuvieron por debajo de 0,20.

En la interpretación de las tasas de incoherencia es conveniente dejar en claro que los valores para la jerarquía 2 son más bajos que para las otras dos jerarquías, pues la tasa de incoherencia depende también de la cantidad de los elementos (J2 tiene 3 criterios mientras que J1 y J3 tienen 4 cada uno). Otra experiencia observada durante las entrevistas fue que la incoherencia en los juicios no solamente dependía de la incertidumbre de la persona con respecto al tema, sino también de su capacidad para incorporar a su trabajo los principios de la metodología.

Además, es interesante observar que los expertos que registraron las incoherencias mayores en sus juicios fueron frecuentemente los mismos que tenían ponderaciones con mayor desviación del promedio del grupo. Más adelante analizaremos esta variabilidad.

El cuadro sinóptico del Anexo 3, con las ponderaciones individuales y promedio, también incluye los valores mínimos y máximos así como la desviación estándar para cada criterio y subcriterio. De estos valores resulta obvia la gran diversidad de las ponderaciones individuales. La Figura 15 es un excelente ejemplo de ello para los cuatro criterios de la jerarquía 1. Asimismo, las Figuras 16 y 17 presentan la situación de las jerarquías 2 y 3, respectivamente.

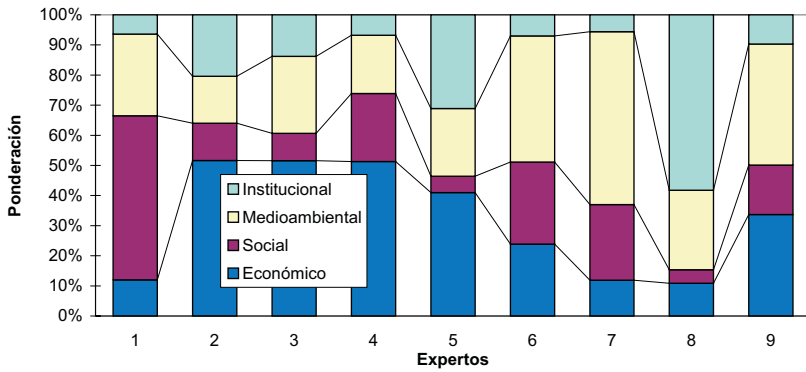


Figura 15. Variabilidad en la ponderación individual de la jerarquía 1

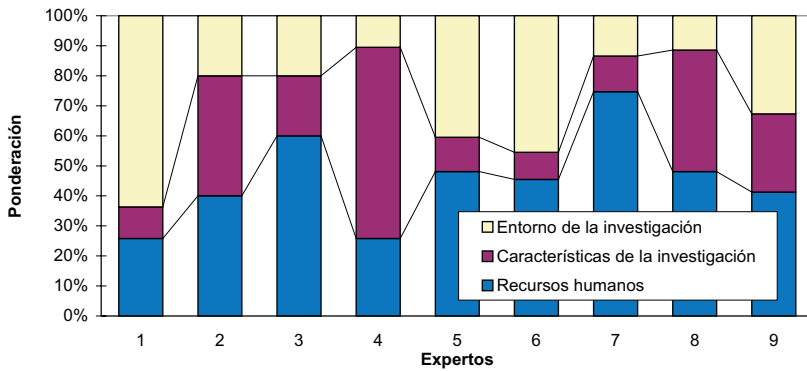


Figura 16. Variabilidad en la ponderación individual de la jerarquía 2

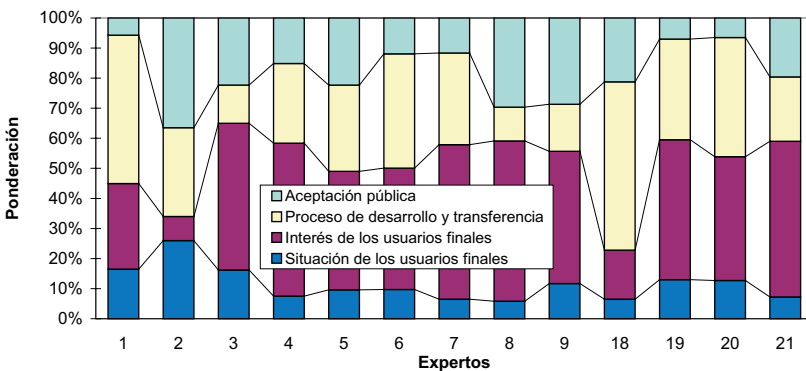


Figura 17. Variabilidad en la ponderación individual de la jerarquía 3

Para determinar si se produjo un cambio significativo en el cálculo de la ponderación de los criterios de la jerarquía 1 (la más importante), se modificó el número de participantes. Las variaciones realizadas fueron, por un lado, el cálculo de un promedio sin considerar los ‘extremos’ y, por otro, sólo el cálculo de un promedio de los extremos. Los extremos han sido definidos como los individuos con el mayor número de desviaciones absolutas del promedio. En función de esto se elaboraron los siguientes escenarios:

- E1-J1(8):** Promedio del grupo sin el individuo con la mayor desviación total;
- E2-J1(8,1):** Promedio del grupo sin los dos individuos con las mayores desviaciones totales;
- E3-J1(8,1,7):** Promedio del grupo sin los tres individuos con las mayores desviaciones totales;
- E4-J1(8):** Ponderación única del individuo con la mayor desviación total del promedio;
- E5-J1(1):** Ponderación única del individuo con la desviación total del promedio que se ubica en segundo lugar;
- E6-J1(7):** Ponderación única del individuo con la desviación total del promedio que se ubica en tercer lugar;
- E0-J1:** Ponderación basada en el promedio de todos los individuos del subgrupo (posición inicial);

La Figura 18 presenta las ponderaciones de los criterios para los distintos escenarios. Se observa que en los tres primeros escenarios la ponderación del criterio ‘económico’ aumenta continuamente (un tercio en total). Este crecimiento se efectúa primero a expensas del criterio ‘institucional’, después del ‘social’ y, por último, del ‘medioambiental’, que corresponde al énfasis de los extremos excluidos. Los escenarios E4 a E6 se focalizan, por lo tanto, en los respectivos criterios.

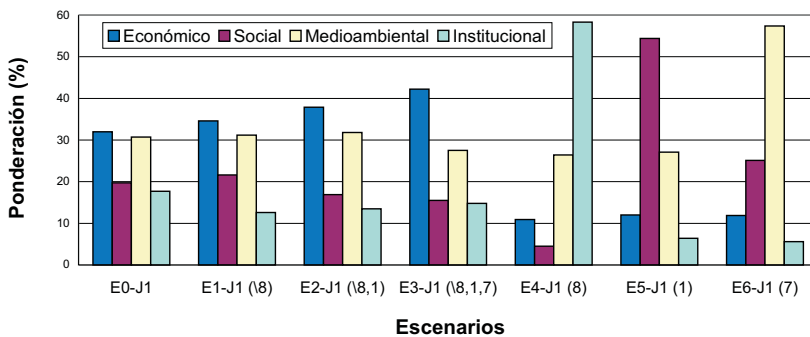


Figura 18. Ponderaciones de los criterios en la jerarquía 1 para los seis escenarios

4.3. Evaluación de los Proyectos

El Anexo 4 comprende el cuadro sinóptico con los resultados de la evaluación, en el cual se presentan las prioridades locales y globales, las probabilidades de éxito, la situación en relación con los impactos potenciales y modificados de los proyectos así como la lista final de criterios utilizada en el segundo taller.

La última determinación de prioridades de los siete proyectos evaluados se presenta en la Figura 19. El proyecto sobre la Uva fue el preferido, seguido por el de la Chirimoya y, con prioridades prácticamente idénticas, el Tomate y la Papa. Al final se encuentran los proyectos sobre el Nothofagus, el Trigo y las Flores. Se produjo una separación muy clara entre ambos grupos.

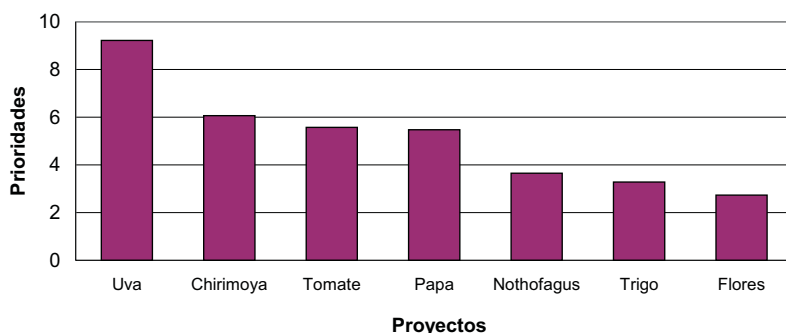


Figura 19. Prioridades finales de los proyectos biotecnológicos

Analizando individualmente los resultados de las tres jerarquías, encontramos algunos aspectos interesantes. Las Figuras 20 a 22 reflejan la situación al respecto. En la jerarquización en función de los impactos potenciales (Figura 20), el Tomate se agrega al grupo de los cuatro proyectos con prioridades baja. Sin embargo, con respecto al éxito de la investigación y de la transferencia, el Tomate tiene una prioridad alta (el 2° lugar en ambos). La Papa, en cambio, se desempeña bien en los impactos potenciales pero pierde terreno por sus escasas probabilidades de éxito. La Figura 23 presenta esta situación a través de la relación entre los impactos potenciales y los modificados. La relación señala el comportamiento de los proyectos con respecto a la probabilidad de éxito en su conjunto. Es decir, cuanto más grande es esa relación tanto mejor resulta la posibilidad del proyecto de captar los impactos potenciales.

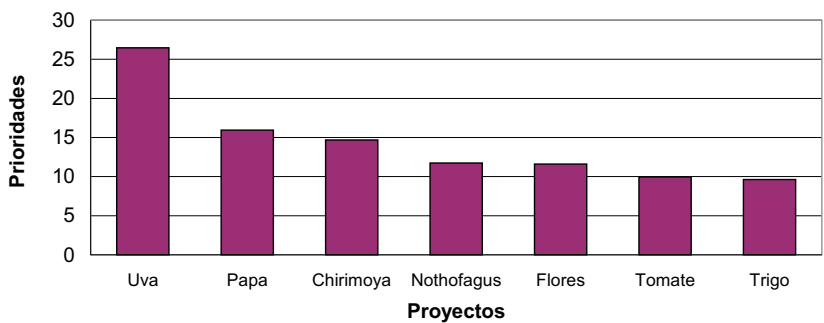


Figura 20. Prioridades con respecto a la jerarquía impactos potenciales

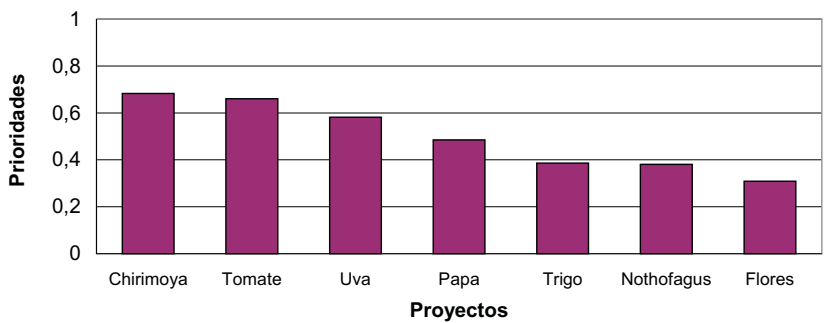


Figura 21. Prioridades con respecto a la jerarquía éxito de la investigación

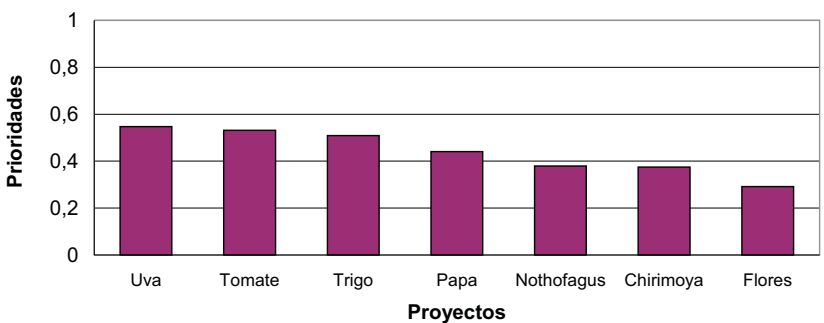


Figura 22. Prioridades con respecto a la jerarquía éxito de la transferencia

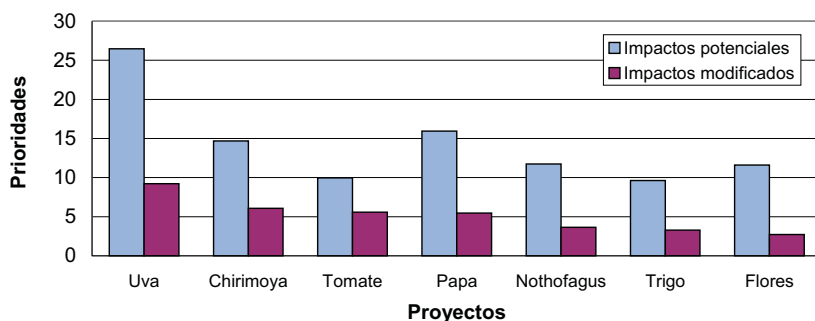


Figura 23. Prioridades con respecto a los impactos potenciales y los modificados

4.4. Análisis de Sensibilidad

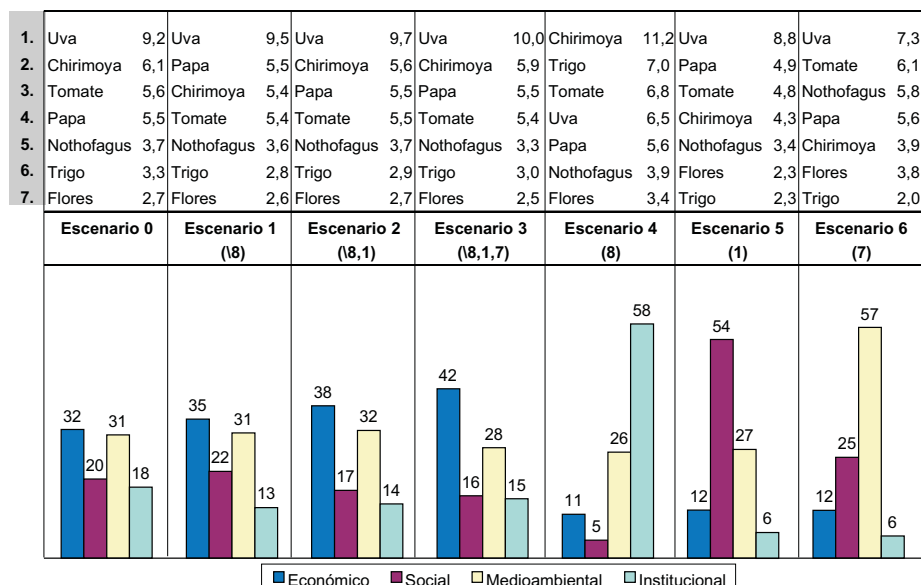
En esta sección se presta atención a la evaluación de la estabilidad de los resultados, es decir, del orden de los proyectos, con los diferentes escenarios formulados en la sección 4.2. La base para los escenarios 1 a 6 es la ponderación modificada para los criterios ‘económico’, ‘social’, ‘medioambiental’ e ‘institucional’. Por un lado, se excluyeron los individuos que entregaron las ponderaciones que más se alejan del promedio (E1-E3); por otro, se calcularon las prioridades tomando en cuenta sólo estas posiciones extremas (E4-E6), las cuales podrían calificarse de ‘institucionalismo’, ‘medioambientalismo’ y ‘socialismo’, respectivamente. El Cuadro 7 contiene todos los datos pertinentes a estos seis escenarios.

En la parte inferior del Cuadro 7 figuran los gráficos de las ponderaciones de los criterios para cada escenario. La primera columna representa la importancia original relativa, es decir, el promedio aritmético de las ponderaciones individuales (escenario 0). La parte superior muestra el orden de los siete proyectos con los distintos escenarios. Al lado de los proyectos se encuentra su ponderación final.

El orden de los proyectos para los primeros tres escenarios es muy estable y prácticamente no cambia en comparación con la situación original. Aquellos relativos al Nothofagus, al Trigo y a las Flores no cambian de lugar entre sí y son los proyectos más deficientes. La Uva está a la cabeza y su prioridad mejora con el aumento de la ponderación para el criterio ‘económico’. Entre la Chirimoya, el Tomate y la Papa hay un cambio muy moderado con respecto a los diferentes escenarios. La Chirimoya, por ejemplo, pierde el segundo lugar en el escenario 1, donde la ponderación del criterio ‘institucional’ baja y mejora el criterio ‘social’ (lo que favorece a la Papa). No obstante, si analizamos las prioridades de los proyectos en los escenarios 0 a 3, es obvio que estos cambios no son significativos.

Por el contrario, el orden de los proyectos cambia mucho en los escenarios 4 a 6. En el escenario 4, la gran importancia relativa del criterio ‘institucional’ provoca un marcado ascenso del Trigo mientras que la Papa y la Uva

Cuadro 7. Orden de los proyectos con los distintos escenarios



pierden terreno. Pero la mejora más importante en cuanto a la ponderación se da en la Chirimoya, que ocupa de lejos el primer puesto. Las máximas prioridades en términos absolutos provienen de los impactos institucionales que no están sujetos a la transferencia exitosa de tecnología.

En el escenario 5 no hay cambios fundamentales en el orden ya que los grupos de los primeros cuatro y los últimos tres proyectos son idénticos a la situación original. La razón de tal similitud entre el escenario 0 y el 5, a pesar de la gran ponderación del criterio ‘social’ en el último, es que son parecidas las prioridades locales de los proyectos con respecto al criterio ‘económico’ y al ‘social’. Por otro lado, la ponderación tan baja para el ‘institucional’ afecta al Trigo que ocupa el último puesto en este escenario.

El escenario 6, con una mayor definición del criterio ‘medioambiental’, presenta un orden bien diferente. La Uva permanece en el primer lugar pero el Nothofagus, con su gran importancia para la biodiversidad (que es un sub-criterio del criterio ‘medioambiental’), se encuentra entre los tres primeros. El ascenso del Tomate también es notable. La Chirimoya descendió por ser el último con un impacto marginal sobre el medio ambiente.

Los escenarios han indicado con bastante claridad que el orden de los proyectos se mantiene en caso de cambios moderados de las ponderaciones. Las ponderaciones acentuadas de los últimos tres escenarios favorecen, lógicamente, los proyectos donde mejor se dan estos aspectos y, en consecuencia, alteran el orden. En parte, se trata de cambios cruciales con respecto a la asignación de recursos, lo que acentúa claramente la importancia de las ponderaciones incuestionables para los criterios aplicados en la evaluación.

5. Dificultades Encontradas y Modificaciones Potenciales

En este capítulo se comentan las dificultades y los otros aspectos que se pusieron de manifiesto durante el trabajo. Se abordan también las distintas formas de superarlos. El capítulo está estructurado en base a los seis puntos tratados.

5.1. Proyectos de Diferente Naturaleza

El problema más serio que se planteó en relación con las evaluaciones para las subvenciones por concurso es la diversidad de proyectos de investigación. La complicación surge al comparar proyectos aplicados con proyectos estratégicos. El impacto de estos últimos es muy difícil de medir y es difícilmente evaluable el momento en que aparecerá. En nuestro análisis, la definición de los dos grupos se basa en saber si los resultados de los proyectos acarrearán un efecto económico cuantificable en un periodo definido, o no.

En el presente estudio, tratamos de superar esta dificultad a través de la aplicación del criterio 'institucional'. Además, incluimos el factor tiempo (en la jerarquía del éxito de la transferencia) como restricción para la realización de los impactos. Sin embargo, la aplicación de esta jerarquía ha producido otros problemas, por ejemplo, saber quiénes son los 'usuarios finales' en el caso de los proyectos estratégicos. Otra dificultad que encontramos con estos proyectos fue la formulación de resultados pertinentes para el sector agrícola, como objetivo general de la investigación.

Existen tres opciones para hacer frente a esta dificultad: i) tener fondos separados para proyectos aplicados y para estratégicos; ii) excluir los proyectos estratégicos de la evaluación con respecto a la jerarquía Éxito de la Transferencia; y iii) considerar, a toda costa y para cada proyecto, la existencia de un producto final que sea pertinente para el sector agrícola.

Votar en favor de la primera opción implica una decisión política. La ventaja de ello sería la posibilidad de aplicar diferentes criterios o ponderaciones, o ambos, para la evaluación de los dos grupos. En cambio, una separación va en contra de la idea de las subvenciones por concurso. También se plantean problemas relativos a una posible conducta estratégica de los proponentes.

Elegir la segunda opción significaría que la probabilidad de éxito de la transferencia es del 100% para los proyectos excluidos, es decir, que no existe restricción ninguna para los proyectos estratégicos con respecto a la transferencia de tecnología. Los resultados de tal escenario se presentan en Figura 24. Los proyectos considerados como estratégicos (identificados con un *) aumentan, evidentemente, su prioridad. Pero, excepto en el caso del Tomate, que cambia de lugar con la Chirimoya, el escenario no influye en el orden de los proyectos. Dado que el tratamiento de los proyectos estratégicos con respecto a los usuarios finales no fue coherente en nuestro estudio, los resultados obtenidos en el escenario 7 podrían ser más adecuados.

La tercera opción corresponde al enfoque aplicado en nuestro trabajo. Ya mencionamos las dificultades que teníamos, el problema con la definición de los usuarios finales en la jerarquía 3 para los proyectos estratégicos; ahora, lo que se plantea es si es posible elaborar criterios comunes para la transferencia, que sirvan para ambos tipos de proyectos.

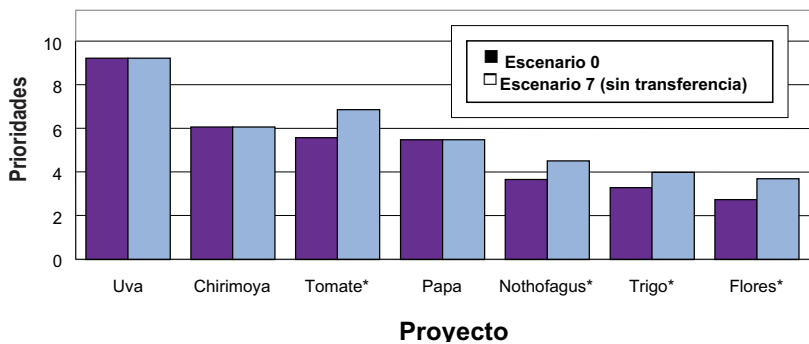


Figura 24. Escenario 7: Proyectos estratégicos (*) sin restricción para la transferencia

5.2. Medida Relativa Comparada con la Absoluta

Las ventajas de la comparación por pares (medida relativa) son obvias: se facilita la evaluación de efectos intangibles, se permite la comprobación de la coherencia y, según lo confirmó la evaluación del segundo taller, los participantes se sienten más cómodos que con la medida absoluta.

Sin embargo, la aplicación de escalas de intensidad (medida absoluta) es necesaria debido a la gran cantidad de proyectos que se deben evaluar en general. Y, muy importante en nuestro procedimiento, la evaluación por escalas permite una aproximación a las probabilidades de éxito que es imposible alcanzar con prioridades obtenidas con medidas relativas.

La opción, en esta situación, es usar comparaciones por pares para los criterios y los subcriterios y evaluar los proyectos mediante las escalas de in-

tensidad. Existe la posibilidad de aplicar las comparaciones por pares a matrices incompletas, lo que reduciría en gran medida la cantidad de comparaciones requeridas (Harker, 1987; Millet y Harker, 1990).

5.3. Ponderación de los Criterios

En la sección 4.2 se presentó la gran variabilidad de las ponderaciones entregadas por los distintos expertos y se analizó la cuestión. La falta de una estrategia común para las actividades biotecnológicas en las instituciones públicas en Chile fue el descubrimiento más importante que resultó de nuestro trabajo para el Programa Nacional de Biotecnología. No es de extrañar que este punto haya provocado un intenso debate en la reunión final.

No cabe duda de que la tarea de ponderación de los criterios fue subestimada en este estudio. Por una parte, se pensaba que un Programa Nacional de Biotecnología; concebido con tantos expertos, recursos y respaldo político tenía, al menos, orientaciones claras. Por otra parte, se consideró que era poco viable realizar un taller con todos los expertos ya que demanda mucho tiempo a los participantes (la mayoría de ellos son autoridades en la materia y están muy ocupados). Así pues, se optó por usar cuestionarios en las entrevistas, procedimiento que requiere un mínimo de tiempo de los entrevistados (pero muchísimo del entrevistador).

La variabilidad en las ponderaciones de los criterios muestra diferentes sistemas de valores y provoca un conflicto constructivo que hace un aporte positivo al proceso de decisión. Sin embargo, se supone que parte de la variabilidad se debe a equivocaciones relativas a la definición de los criterios, a la información insuficiente sobre el PNB y a la falta de oportunidades para intercambiar opiniones entre los expertos. Un contacto mayor entre ellos podría disminuir la variabilidad y fomentar el consenso.

En relación con las prioridades finales del estudio, se trató de analizar las consecuencias de las diversas ponderaciones por medio de escenarios. El análisis indicó que el resultado, es decir el orden de los proyectos, es bastante estable, siempre y cuando descartemos los juicios extremos de algunos individuos.

5.4. Participación de los Investigadores

Los beneficios relativos a la participación de los investigadores en la evaluación de sus proyectos son obvios; al ser los autores de los proyectos evaluados, son los mejores evaluadores de las características de éstos; por haber participado en el proceso de determinación de prioridades, aceptan la mejor decisión; su participación directa permite aclarar más las cosas; pueden conocer a fondo los puntos débiles de sus proyectos, lo que facilita mejorar la propuesta y tomar las medidas necesarias a tiempo para evitar los efectos negativos.

Sin embargo, la participación también acarrea costos. Para los investigadores resulta difícil tomar parte en el estudio porque deben emitir juicios lo

menos subjetivos posible y al mismo tiempo tienen un interés directo, dado que son responsables de los proyectos. Además dedican mucho tiempo a conseguir recursos. La evaluación depende de su disponibilidad y no todos asimilan fácilmente la metodología, lo que conlleva que el proceso de evaluación sea ineficiente. Tal vez la pregunta más importante es si puede realizarse esta tarea con muchos proyectos, teniendo en cuenta que los costos, en lo que hace al tiempo de los investigadores y a la coordinación del proceso, podrían ser prohibitivos.

En base a esta experiencia, se considera que fue poco adecuada la participación directa de los investigadores en el proceso de evaluación en grupo. Es preferible realizar este proceso con evaluadores externos aunque deben aprovecharse los conocimientos profundos de los investigadores para la evaluación de los proyectos. Una forma de hacerlo es emplear el formulario bien concebido para la propuesta. En general, el equipo responsable de la evaluación debe mantener un estrecho contacto con los investigadores para aclarar algunas dudas y, si es necesario, debe reunirse con ellos en forma individual.

5.5. Base de Información

De acuerdo con la evaluación del segundo taller, la calidad y la cantidad de información disponible fue clasificada por la gran mayoría de los participantes entre “adecuada” y “muy adecuada”. Las tres principales fuentes, ya mencionadas en la sección 3.3, eran: la propuesta del proyecto, la evaluación externa y los datos estadísticos así como diversas publicaciones analizadas y procesadas por la consultora.

El formulario para la propuesta del proyecto se concentra bien en los indicadores aplicados en la evaluación. Sin embargo, se hicieron preguntas poco claras, lo que indicó la necesidad de que se debatiera antes el formulario con los investigadores y de que se confirmaran los datos entregados por los investigadores. El formulario incluía también preguntas que el investigador no estaba en condiciones de contestar.

La razón principal de la evaluación externa fue recoger la información necesaria para el criterio ‘calidad de la propuesta’. Sus costos justificaron posteriormente (hay que recordar que la importancia de este criterio aumenta considerablemente durante el proceso) la decisión de contratar evaluadores externos.

A pesar del intenso trabajo de elaboración de los indicadores y de evaluación de la disponibilidad de datos, que incluyó consultas con distintas personas y largos debates en varias reuniones, se deberían modificar aún algunos indicadores y eliminar otros durante la evaluación propiamente dicha, realizada en el segundo taller. Por lo tanto, sería importante que la consultora participara en el trabajo desde el principio para contribuir a elaborar indicadores sencillos e inequívocos. En particular, podría asegurar que la información disponible concordara con los indicadores elegidos.

Las dificultades mayores surgieron con la definición de indicadores para los criterios ‘social’ y ‘medioambiental’. En ambos casos, hubiera sido beneficiosa la colaboración con expertos de las respectivas disciplinas. Los

responsables de las evaluaciones con criterios múltiples deberían incorporar el enfoque interdisciplinario a su trabajo.

5.6. Incertidumbre

Estimar las probabilidades de éxito utilizando las escalas de intensidad es una tarea difícil. La idea es que la intensidad más alta de la escala (por ejemplo 'excelente') tiene por definición el valor 1 (normalización de los valores de la escala mediante el valor máximo). Se trata este valor como una probabilidad de 100% (y los demás en forma análoga). El significado de la intensidad más alta es el siguiente: no hay nada que impida el éxito del proyecto, al que se asignará a esta intensidad, a la hora de lograr el impacto potencial con respecto a ese criterio. Es muy importante transmitir esta idea para que los participantes la tengan presente cuando definen y ponderan las intensidades. El manejo correcto de las escalas de intensidad requiere de los participantes un alto grado de familiaridad con este principio.

Existe otro factor de incertidumbre que influye el proceso de decisiones. Proviene del entorno político y económico y afecta la estimación de los impactos potenciales (Anderson, 1991). En el trabajo se ha extrapolado la situación actual para evaluar las consecuencias de los proyectos. Sin embargo, factores como la intensificación de la mundialización, los rápidos cambios en la organización y la colaboración de la investigación pública, el desarrollo tecnológico o el progreso en la valorización de recursos naturales, tienen una influencia considerable en los efectos futuros de los proyectos actuales. Estas perspectivas justificarían la inclusión de pronósticos más elaborados para estimar los impactos potenciales. Una opción para tratar de controlar la incertidumbre relativa al futuro desconocido consiste en elaborar diferentes escenarios y estimar dichos impactos para cada uno de ellos (Dyer y Forman, 1992).

6. Conclusiones

El proceso jerárquico analítico, la metodología utilizada en el procedimiento, demostró ser un instrumento poderoso y flexible para facilitar las decisiones sumamente complejas. Así se sentaron bases claras y justificables para poder decidir. La transparencia facilitó la comunicación y mejoró la aceptación de los resultados. Se justificó la separación de los participantes en un grupo estratégico y otro técnico. El enfoque participativo permitió superar el problema de la escasez de datos al incluir los conocimientos especiales, la experiencia y la intuición de los diferentes expertos.

Se alcanzó el objetivo del estudio de caso del proyecto de investigación, o sea, la evaluación de un procedimiento para facilitar las decisiones relativas a la asignación de recursos públicos a la investigación biotecnológica. El éxito residió fundamentalmente en el excelente apoyo institucional del INIA así como en la dedicación y la gran motivación de los participantes en el estudio, en particular el coordinador del PNB y los investigadores de los proyectos evaluados.

El procedimiento se concentró en la incertidumbre relativa al éxito de la investigación y a la transferencia tecnológica. Se la superó al incluir dos jerarquías separadas que permitieron el análisis detallado de los determinantes de la incertidumbre y la estimación de las probabilidades del éxito. Pudieron tomarse en cuenta las características de la investigación biotecnológica en el proceso decisorio al incorporar criterios adecuados, como la ‘bioseguridad’, la ‘normativa’ y la ‘aceptación pública’. El criterio ‘institucional’, con sus subcriterios ‘capacidad institucional’ y ‘capacitación de recursos humanos’, facilitó la evaluación de los proyectos con respecto al aumento de la “autosuficiencia tecnológica”, un objetivo importante del PNB.

Según el coordinador del PNB, se alcanzó también la meta del estudio de caso para el PNB, a saber, la identificación de un procedimiento adecuado para la selección de proyectos biotecnológicos. Asimismo se pensó en aplicar el procedimiento a otros problemas de decisión en el sector público. El trabajo produjo otros resultados útiles para Chile. El más importante es la gran variabilidad en la importancia relativa de los criterios que puso de manifiesto la falta de una política institucional en materia de ciencia y tecnología, en general, y de biotecnología, en particular. El INIA planifica realizar un taller para determinar esta política. El resultado propio del estudio es que la evaluación de los proyectos sirve para presentarlos a otras fuentes de financiamiento en función de prioridades establecidas (el PNB todavía no se ha puesto en práctica). La adopción de decisiones en grupo inició un proceso de aprendizaje entre los participantes para poder distinguir lo que hace que un proyecto sea valioso. Por último, la información generada durante la evaluación, las jerarquías de criterios y los diversos formularios pueden ser útiles en trabajos futuros.

Las modificaciones necesarias para mejorar el procedimiento en las aplicaciones futuras afectan elementos del proceso y de la metodología. Con respecto al proceso se sugieren principalmente cambios en la participación. Primero, los usuarios finales, tales los agricultores, el sector privado y los investigadores que aplican las tecnologías resultantes, tienen que participar más directamente. Segundo, los líderes de los proyectos que estuvieron en el grupo técnico no son las personas más adecuadas, por razones prácticas, cantidad y disponibilidad, así como por lo conflictivo de su función. Se recomienda trabajar con investigadores que no estén directamente involucrados en los proyectos evaluados. Tercero, es crucial la tarea del grupo estratégico (determinación y ponderación de los criterios). Por lo tanto, el proceso debe favorecer más las grandes interacciones entre sus miembros. Cuarto, se recomienda la colaboración de expertos específicos en la definición de indicadores para criterios complejos y la evaluación de los proyectos en función de ellos. A fin de minimizar el esfuerzo para el acopio de datos, hay que planificar minuciosamente el orden de las actividades del procedimiento.

Con respecto a la metodología, se imponen las siguientes modificaciones. A pesar del progreso logrado en la evaluación de proyectos estratégicos y aplicados en su conjunto, hace falta buscar métodos mejorados para determinar los impactos y la frecuencia de sus apariciones en los proyectos de diferente naturaleza. Una posibilidad es introducir diferentes horizontes temporales, con grupos de criterios específicos. Sin embargo, se necesita reflexionar más sobre ello. Otro aspecto se refiere a los pronósticos que toman en cuenta la incertidumbre con respecto a los impactos potenciales. Usar escenarios que representan alternativas futuras es una forma prometedora de superar este problema. Por último, hay que adquirir más experiencia en el uso de las escalas de intensidad. Se podría concebir una forma de normalizar estas escalas para las aplicaciones rutinarias. Hemos formulado otro proyecto de investigación con el fin de proseguir con estas modificaciones y perfeccionar así el procedimiento para establecer prioridades en la investigación agropecuaria del sector público.

Referencias

- Alston, J.M., G.W. Norton y P.G. Pardey. 1995. *Science under Scarcity: Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting*. Ithaca y Londres: Cornell University Press.
- Anderson, J.R. 1991. Agricultural Research in a Variable and Unpredictable World. In P.G. Pardey, J. Roseboom and J.R. Anderson (eds.) *Agricultural Research Policy: International Quantitative Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cohen, J.I. 1994. *Biotechnology Priorities, Planning and Policies: A Framework for Decision Making*. Research Report No. 6. La Haya: Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional.
- Collion, M.-H. y A. Kissi. 1995. *Guide to Program Planning and Priority Setting*. Research Management Guidelines No. 2E. La Haya: Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional.
- Dyer, R.F. y E.H. Forman. 1992. Group Decision Support with the Analytic Hierarchy Process. *Decision Support Systems* 8: 199-124.
- Feder, G. y D.L. Umali. 1993. The Adoption of Agricultural Innovations: A Review. *Technological Forecasting and Social Change* 43(3/4): 215-39.
- Feder, G., R.E. Just y D. Zilberman. 1985. Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change* 33(2): 255-98.
- Forman, E.H. 1993. Facts and fictions about the analytic hierarchy process. *Mathematical Computational Modelling* 17(4/5): 19-26.
- Gapasin, D.P. y Uribe, B. (1994). Revisión por pares. En Horton, D. et. al (eds.). *Seguimiento y Evaluación de la Investigación Agropecuaria*. Santafé de Bogotá, Colombia: Tercer Mundo Editores.
- Gil, L., C. Irarrázabal, M. Krauskopf, A Hargreaves y C. Muñoz. 1996. La Agricultura Chilena, Prioridades en la Investigación Biotecnológica y en el Sector Agropecuario y Forestal. Presentación ante el seminario de política biotecnológica agrícola para América Latina. Lima, Perú, 6 al 10 de octubre 1996: IBS/ISNAR.
- Golden, B.L., E.A. Wasil y D.E. Levy. 1989. Applications of the Analytic Hierarchy Process: A Categorized, Annotated Bibliography. In B.L. Golden, E.A. Wasil and P.T. Harker (eds.) *The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies*. New York: Springer Verlag.
- Harker, P.T. 1987. Alternatives Modes of Questioning in the Analytic Hierarchy Process. *Mathematical Modelling* 9(3-5): 353-60.
- Harker, P.T. 1989. The Art and Science of Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. In B.L. Golden, E.A. Wasil and P.T. Harker (eds.). *The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies*. New York: Springer Verlag.

- INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 1994. *Políticas Institucionales*. Santiago de Chile, Chile.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1998. *Memoria Anual 1997*. Santiago de Chile, Chile.
- ISNAR (Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional). 1998. Tomado de Internet el 25 de julio.
<http://www.cgiar.org/isnar/Fora/Priority/Methods.htm>
- Janssen, W. 1995. Biotechnology Priority Setting in the Context of National Objectives: State of the Art. In J. Komen, J.I. Cohen and S.K. Lee (eds.) *Turning Priorities into Feasible Solutions*. Proceedings of a Regional Seminar on Planning, Priorities and Policies for Agricultural Biotechnology in Southeast Asia. Singapore, 25-29 September, 1994. La Haya/Singapur: Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional/Nanayang Technological University.
- Janssen, W. y Kissi, A. 1997. *Planning and Priority Setting for Regional Research: A Practical Approach to Combine Natural Resource Management and Productivity Concerns*. Research Management Guidelines No. 4. La Haya: Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional
- Liberatore, M.J. 1989. A Decision Approach for R&D Project Selection. In B.L. Golden, E.A. Wasil and P.T. Harker (eds.) *The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies*. New York: Springer Verlag.
- Lockett, G., B. Hetherington, P. Yallup, M. Stratford y B. Cox. 1986. Modelling a Research Portfolio Using AHP: A Group Decision Process. *R&D Management* 16(2): 151-60.
- Millet, I. y P.T. Harker. 1990. Globally effective questioning in the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48: 88-97.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 1996. *Balance de Gestión 1994-1995: El Desafío del Desarrollo Agro-Rural*. Santiago de Chile, Chile.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 1997. Datos tomados de Internet el 28 de diciembre.
<http://www.minagri.gob.cl/minagri/serinfo/datos.html>.
- Muñoz, C. 1997. Chile's Experiences in Planning Agricultural Biotechnology. *Biotechnology and Development Monitor* 31(June): 12-14.
- Muñoz, C. 1998. Planificación de la Biotecnología Agrícola: Experiencia de Chile. En J. Komen, C. Falconi y H. Hernández (eds.) *Transformación de las prioridades en programas viables*. Actas del seminario de política biotecnológica agrícola para América Latina. Perú, 6 al 10 de octubre de 1996. La Haya/México, D.F.: Intermediary Biotechnology Service/CamBioTec.
- Norton, G.W. 1994. Métodos de calificación por puntaje. En D. Horton, P. Ballantyne, W. Peterson, B. Uribe, D. Gapasin and K. Sheridan. (eds.) *Seguimiento y Evaluación de la Investigación Agropecuaria: Manual de referencia*. Santafé de Bogotá, Colombia: Tercer Mundo Editores.

- Saaty, T.L. 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology* 15(3): 234-81.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T.L. 1994. *Fundamental of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T.L. 1995. *Decision Making for Leaders. The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. (3a ed.) Pittsburgh: RWS Publications.
- Vargas, L.G. 1990. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European Journal of Operational Research* 48(1): 2-8.
- Venezian, E.L. 1992. *Agricultural Research in a Growing Economy: The Case of Chile, 1970-1990*. Agriculture Division. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Venezian, E. y E. Muchnik. 1995. Chile. In S.R. Tabor (ed.) *Agricultural Research in an Era of Adjustment: Policies, Institutions, and Progress*. EDI Seminar Series. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Villalobos, V. 1995. *La Biotecnología Vegetal en Chile: Análisis de sus Oportunidades y Limitaciones*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Villalobos, V., E. Casas, P. Gresshoff, G. Kahl, y C. Niblett. 1995. *Proposed Programme in Agricultural and Forestry Biotechnology for Chile*. Report of the international expert team. Santiago de Chile, Chile.
- Vio, M. (ed.) 1995. *Antecedentes y Directrices para el Programa Nacional de Biotecnología Agropecuaria y Forestal*. Documento de Trabajo. Santiago de Chile, Chile: Consejo para la Innovación Agraria.
- Zahedi, F. 1986. The Analytic Hierarchy Process - A Survey of the Method and its Applications. *Interfaces* 16(4): 96-108.

ANEXO 1:

Resumen y Comentarios de los Proyectos

1. Chirimoya

Resumen:

Las posibilidades de expansión de los mercados para la chirimoya se ven seriamente limitados por el poco tiempo que resiste esta fruta después de cosechada. Chile es uno de los principales productores mundiales y urge buscar soluciones prácticas para comercializarla en los mercados internacionales. Para lograrlo es indispensable obtener variedades resistentes al transporte de larga distancia y con mayor duración postcosecha. Las técnicas de la ingeniería genética posibilitan actualmente la manipulación de la expresión de enzimas clave para la maduración de la fruta. En el presente proyecto, se procura elaborar metodologías adecuadas para la transformación genética de la chirimoya, para luego diseñar y expresar genes antisentido que reprimen la actividad de las enzimas poligalacturonasa y la ACC-sintetasa, que controlan la disrupción de la pared celular y la síntesis de etileno respectivamente.

Comentario:

A juicio del evaluador, el presente proyecto es muy bueno por lo interesante del tema, su calidad y el impacto que generará. Esta apreciación se basa en los siguientes puntos:

- La propuesta experimental está muy bien acotada y fundamentada.
- El plan de trabajo es realista.
- El grupo de investigación posee experiencia en transgénesis.
- El laboratorio del INIA-La Platina cuenta con todas las instalaciones y el equipo necesario para realizar el proyecto, y
- La obtención de resultados positivos tendrá importantes consecuencias en la elaboración y la aplicación de nuevas biotecnologías en el INIA y en el país.

2. Uva

Resumen:

Combatir las enfermedades fungosas que afectan el cultivo de la vid en Chile le cuesta muy caro al país; además, tiene un efecto significativo en la contaminación del medio ambiente y la salud de los trabajadores agrícolas. Fue difícil obtener variedades resistentes al oídio y al *Botrytis*, las dos principales enfermedades fungosas que afectan al cultivo. Actualmente no se dispone de ellas a nivel comercial. Las técnicas de ingeniería genética disponibles hoy en día permiten abrigar la esperanza de obtener variedades más resistentes utilizando una serie de genes que, expresados en la planta huésped, otorgan mucha resistencia a los hongos. En el presente proyecto se busca, primero, elaborar metodologías adecuadas para la transformación genética de la vid, para luego expresar en ella proteínas que presenten actividad antifúngica. Se propone trabajar principalmente con genes que codifican la producción de enzimas que degradan la pared celular de los hongos fitopatógenos, solos o en combinación, y en presencia o no de proteínas inactivadoras de la actividad ribosomal.

Comentario:

El evaluador considera que el proyecto es de calidad y produce resultados; su apreciación se basa en los siguientes puntos:

- Los investigadores participantes disponen tanto de capacidad como de experiencia lo que permite esperar un buen desarrollo del proyecto en todas sus etapas
- Se considera que existen todas las instalaciones y los equipos necesarios para realizar el proyecto.
- La obtención de resultados positivos tendrá un efecto importante en el desarrollo y la aplicación de nuevas técnicas biotecnológicas en el país.
- Se espera que el proyecto acarree grandes consecuencias económicas, al disminuir tanto los costos de producción como ambientales, debido al menor uso de plaguicidas.
- Para mejorar la calidad del proyecto propuesto el evaluador sugiere:
- Profundizar más la forma de abordar la transformación y la regeneración de la vid, pues se considera que esto es lo que más limita el éxito del proyecto.
- Realizar un análisis más exhaustivo de los trabajos conexos, llevados a cabo en otros centros de investigación, lo que permitirá comenzar el proyecto orientándose más hacia una combinación específica de genes resistentes a los hongos.
- Considerar la formación y capacitación de recursos humanos.

3. Papa

Resumen:

El nemátodo dorado del quiste de la papa es considerado una de las plagas más importantes que afectan este cultivo, no sólo por las pérdidas en los rendimientos, sino también porque es una plaga cuarentenaria. El método más eficaz para controlarlo es usar variedades resistentes a esta plaga. La resistencia es otorgada por un gen dominante simple; sin embargo, efectuar la selección a través de los métodos tradicionales es un proceso difícil que demanda mucho tiempo y es muy caro, lo que ha retrasado los progresos para introducir en el medio ambiente cultivares resistentes como parte del programa de mejoramiento genético del INIA. Los marcadores moleculares son una poderosa herramienta para ayudar a seleccionar genotipos resistentes. En la papa se han determinado marcadores RFLP para el gen H1 (gen que confiere la resistencia al nemátodo); no obstante, el RFLP es difícil de utilizar. El objetivo central de este proyecto es aprovechar los marcadores existentes hasta la fecha, estudiar su comportamiento con los genotipos segregantes chilenos y transformarlos en reacciones de PCR u otros tipos de marcadores moleculares más simples y de menor costo, de tal forma que se pueda usar esta herramienta en forma rutinaria en el programa de mejoramiento para seleccionar variedades resistentes al nemátodo dorado.

Comentario:

A juicio del evaluador, el proyecto es bueno e implica un adelanto en el uso de marcadores para seleccionar materiales que contengan los genes deseables, lo cual, en el futuro inmediato, permitirá aplicar esta tecnología a otras áreas del mejoramiento de este cultivo y de otros. A continuación figuran algunas observaciones y comentarios:

- Se cree que se logrará cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto gracias a los investigadores seleccionados y a su experiencia en sus respectivas áreas de trabajo.
- A pesar de la claridad con que se presenta la parte metodológica sobre cómo afrontar el estudio, hay que ahondar más en el debate de la bibliografía en la que se basa.

No estamos de acuerdo con lo afirmado en el punto VII.2 que dice “si este proyecto tiene pleno éxito, no sería necesario otro, puesto que se obtendrían los marcadores necesarios”. El evaluador cree que el encontrar marcadores específicos que permitan la selección de genotipos resistentes (p. ej. el gen H1) no implica que una parte importante de estos últimos se transforme en cultivares que puedan entregarse a los usuarios.

4. Tomate

Resumen:

Existe en Chile germoplasma de *Lycopersicon* (*L. chilense* y *L. peruvianum*) con características interesantes (resistencia a las enfermedades y al estrés hídrico, entre otras) que convendría introducir en variedades comerciales de tomate (*L. esculentum*), las que en general tienen una base genética muy limitada. La primera etapa para alcanzar este objetivo es determinar la diversidad genética del germoplasma chileno, para optimizar así su conservación y uso posterior. En este sentido, en este proyecto se propone determinar la diversidad genética del germoplasma chileno del género *Lycopersicon*, recurriendo al análisis directo del genoma de estas plantas y usando la metodología basada en PCR más apropiada (RAPD, AFLP, etc.) para detectar la presencia de polimorfismos moleculares. Al finalizar este trabajo, se dispondrá de información con respecto a la variabilidad intra e interpoblacional, tanto a nivel de especies como de subespecies. El material analizado corresponderá al germoplasma nativo recolectado en la zona norte de Chile, además de un banco de germoplasma que abarca numerosas otras especies del género, así como variedades comerciales.

Comentario:

A juicio del evaluador el proyecto formulado es de gran importancia para conocer el germoplasma nativo de tomate existente en el país y su potencial como fuente de genes para el mejoramiento del tomate cultivado. Esta opinión se basa en los siguientes puntos:

- La experiencia y la formación del investigador principal y del equipo de investigadores que lo apoya
- El equipo de investigadores domina lo suficientemente bien la metodología propuesta como para obtener información útil y aplicable a un futuro programa de mejoramiento del tomate en el país.

Sin embargo, sugiere que:

- Los plazos adicionales estipulados para llegar a la meta propuesta deben ampliarse dada la envergadura de los objetivos planteados.

Hasta no conocer qué genes estarán presentes en el germoplasma nativo y en qué medida podrían introducirse en el material cultivado de tomate no conviene hablar de cómo afectará esto a la superficie total de tomate, ni si incrementará el rendimiento o si disminuirán los precios.

5. Trigo

Resumen:

Considerando la gravedad de los daños que ocasionan los agentes patógenos de origen fúngico al cultivo del trigo en Chile y dado que el problema se agrava con el tiempo, es necesario proponer soluciones eficaces que permitan reducir las pérdidas de rendimiento de estos cultivos. Mediante el empleo de técnicas de ingeniería genética, se pueden ofrecer nuevas alternativas para el

desarrollo de una tolerancia a los hongos en el trigo y en otras plantas de interés comercial. Entre las nuevas alternativas está la transformación de plantas con genes que expresen enzimas líticas que les confieran tolerancia a los hongos patógenos y el control biológico mediante el uso de hongos transformantes no patogénicos que compitan por el nicho ecológico de los patogénicos. El objetivo de este proyecto es crear la respuesta de plantas transgénicas, y caracterizarla, que sobreexpresen enzimas hidrolíticas de *Trichoderma harzianum* como una forma preliminar de estudiar la acción posible de agentes patógenos, como también estudiar los mecanismos de la patogenicidad del *Gaeumannomyces graminis*, mediante la obtención de mutantes usando técnicas de ingeniería genética.

Comentario:

Se considera que este proyecto es interesante y novedoso y que será un buen aporte para el país.

En relación a su formulación se hacen los siguientes comentarios:

- Se sugiere que sea más realista en cuanto a sus consecuencias económicas, pues si se lograra la transgenia, esto no implicaría que ésta pudiera incorporarse a todos los cultivares existentes o a los nuevos que se desarrollaran.
- Se considera que el presupuesto solicitado es alto comparado con las necesidades del proyecto; sin embargo, se hace notar la dificultad de evaluarlo objetivamente pues no existe un desglose por partidas.
- Los datos que figuran en los programas entregados por los investigadores deben ser realistas y objetivos.

6. Nothofagus

Resumen:

El incremento de la demanda de bienes y servicios derivados del bosque se ve afectado en gran manera por el desarrollo económico y cultural de la población; eso ha llevado al hombre a reemplazar los complejos bosques autóctonos de especies latifoliadas por coníferas de más rápido crecimiento y que pueden cultivarse en bosques monotípicos, fáciles de cuidar y cosechar. En Chile los bosques nativos fueron afectados a tal punto que existen especies, procedencias y probables ecotipos en vías de extinción. Hay casos particularmente dramáticos como el de algunas poblaciones pertenecientes a especies del género *Nothofagus*, uno de los más importantes de nuestro país, cuyas procedencias más septentrionales están sufriendo de un grave empobrecimiento genético. Debido al frágil equilibrio ambiental en la mayoría de los ecosistemas afectados, al sistema de tenencia de la tierra y a la constante presión que se ejerce sobre ella al igual que a la utilización que se hace de ella, es necesario conocer la diversidad genética y relacionar estas características con factores productivos con el fin de determinar políticas de conservación, manejo y explotación racional del bosque nativo así como de apoyo a los futuros programas de mejoramiento genético de estas especies. En Chile no se han

realizado estudios genéticos sobre las especies de *Nothofagus* descritas en el proyecto. Por ello el proyecto propone usar marcadores bioquímicos y moleculares para estudiar la constitución genética de las poblaciones seleccionadas al igual que hacer una descripción dasométrica de ellas.

Comentario:

La apreciación global del evaluador en relación al presente proyecto es que es tanto interesante como importante para el país identificar la diversidad genética de los *Nothofagus*. Sin embargo, considera que el planteamiento en sí es demasiado ambicioso, los temas más relevantes (caracterización bioquímica y molecular) se tratan de una forma muy general y poco fundamentada en la bibliografía citada; asimismo, es poco explícito con respecto a la metodología que debe emplearse. Los fundamentos para los últimos puntos son los siguientes:

- Se considera que será muy difícil llegar a cumplir con los objetivos propuestos para cada una de las especies debido a que no se han identificado isoenzimas ni *primers* que sean polimórficos para esta especie.
- La metodología propuesta y los costos planteados para comprobar la hipótesis son inadecuados, en cuanto al plazo y a la cantidad de fondos propuestos, debido al tamaño del estudio y la falta de determinaciones previas necesarias para lograr los resultados.
- No se contempla la realización de estudios morfológicos para poder asociar ese tipo de información existente (considerada escasa) con los datos bioquímicos y moleculares ni tampoco se menciona qué parámetros morfológicos se considerarán en esta asociación ni cómo.
- No compartimos la idea de trabajar con poblaciones marginales puesto que se trata de adaptaciones extremas que no reflejan la diversidad real del género en su ambiente natural.
- Los impactos propuestos no están fundamentados como corresponde. Se considera necesario incorporar un investigador con experiencia en marcadores bioquímicos y moleculares en especies forestales. Se sugiere replantear el proyecto, restringiéndolo a una sola especie, estudiando primero la estructura genética de las poblaciones y considerando toda la población, no sólo aquellas marginales.

7. Flores

Resumen:

Para poder desarrollar una agricultura moderna en el país y abierta al mercado exterior hace falta un alto nivel de competitividad y de estabilidad que permita generar una rentabilidad tal que incentive la inversión en este sector productivo. Una mayor competitividad agrícola dependerá estrechamente del uso eficiente y racional de los recursos productivos que permitan un desarrollo sostenible del sector, la generación de productos de gran calidad y la aparición de nuevos productos y mercados. En este sentido, la diversificación de nuestra producción agrícola cobra una importancia transcendental. La di-

versificación de la agricultura nacional puede hacerse a través de dos vías que, en la práctica, no son excluyentes. La primera se basa en los productos solicitados por los mercados y que el país no produce actualmente. La segunda es la incorporación de productos presentes en el país y que el mercado actual no consume o para los cuales no existe demanda por desconocerse su existencia. La primera alternativa se puede lograr mediante la introducción de especies exóticas en el país, las que luego de un proceso de evaluación y selección pueden ser incorporadas a la producción agrícola. La segunda puede alcanzarse con la valorización productiva y económica de algunos de los recursos genéticos propios, lo cual podría tener una gran repercusión en las políticas nacionales de diversificación productiva, dada su singularidad. En el país existe una gran cantidad de pequeños agricultores que podrían transformarse en productores de flores, en una primera etapa para el abastecimiento del mercado local y regional, contribuyendo así a mejorar su nivel de ingresos y diversificando su producción. En este trabajo se contempla la participación activa de las empresas de Asistencia Técnica e INDAP, que realizan junto con el INIA actividades de divulgación, capacitación y búsqueda de mercados. Teniendo en cuenta lo anterior, los objetivos específicos de este proyecto son: 1) caracterizar bioquímica y molecularmente dos especies de flores, la alstroemeria y las orquídeas; 2) valorar técnica y económicamente la producción de estas especies para ampliar las alternativas productivas, mejorar la competitividad y la rentabilidad agrícola regional y tender a una explotación racional y sostenible de los recursos genéticos propios; 3) a través de la difusión de los resultados del proyecto, promover la mejora de los niveles de vida de los agricultores de la zona, especialmente los pequeños y los medianos; y 4) incentivar la formación de nuevas empresas o la ampliación de las actuales líneas de producción, o ambas. El proyecto procura hacer un aporte importante a la diversificación agrícola tomando como modelo de trabajo la zona centro sur del país.

Comentario:

Se ha considerado que, si bien la idea general del proyecto es buena, éste sufre de varios puntos débiles, que se detallan a continuación:

- El objetivo general está planteado en forma confusa pues el término “valorar” se refiere a variedades seleccionadas, mientras que “caracterizar y conservar” se aplica al total de la muestra. Además, no queda claro si las especies con que se trabajará están identificadas o no. Si ya se conocen, faltaría señalar cuáles son, indicar los criterios de selección utilizados y detallar la posición de Chile en el mercado internacional así como la posibilidad de aportar ecotipos o variedades novedosas, o ambos. De no existir identificación previa, se debería abarcar un conjunto mayor de especies.
- De los objetivos específicos se considera que sólo se puede realizar el primero en el plazo propuesto pero éste no es fundamental para el desarrollo del proyecto; además no contribuye directamente a la generación de variedades comerciales. Por ello, no se considera este proyecto como perteneciente a la biotecnología.

- En relación a los restantes objetivos específicos, se cree que ninguno podrá alcanzarse al final de los tres años de ejecución del proyecto; por lo tanto es imposible evaluarlos.
- La descripción de la metodología resulta insuficiente, especialmente en lo que respecta a los criterios de muestreo, la selección y el cultivo de plantas para su evaluación al igual que la forma en que se relacionan en cada una de las fases del proyecto.
- Existe información bibliográfica relevante que no fue consultada.
- Se considera no es realista el análisis de algunos impactos derivados de la realización del proyecto o que no se aborda lo suficiente el tema.

En opinión del evaluador el proyecto podría aprovechar mejor las técnicas biotecnológicas disponibles ya que, de acuerdo con la utilización propuesta, no representan una ventaja comparados con las tecnologías tradicionales. Además, sería importante avanzar el trabajo con respecto, por ejemplo, a la elección de lugares de muestreo y a la selección de las especies y subespecies más promisorias y, sobre todo, con relación a la obtención de parámetros de propagación, debido a su importancia clave a la hora de adaptar la realización del proyecto a los plazos disponibles.

ANEXO 2:

Cuestionario para la Ponderación

Subgrupo 3

Fecha:

Nombre:

Explicación:

El objetivo de este cuestionario es determinar la importancia de los criterios de decisión que se utilizarán para apoyar la determinación de prioridades de los proyectos de investigación biotecnológica en el sector agrícola.

Se solicita a expertos en investigación pública que ponderen varios criterios y subcriterios importantes para evaluar los impactos potenciales de los proyectos considerados así como las posibilidades de éxito de la investigación y de la transferencia de la tecnología final.

Para la determinación de los pesos se aplica la metodología llamada “proceso jerárquico analítico”⁶. Esta metodología facilita considerablemente la ponderación de los criterios al comparar solamente dos elementos a la vez. Además, el AHP permite usar términos verbales para esta comparación relativa, los que corresponden a valores numéricos de una escala fundamental concebida específicamente para la metodología. La traducción en valores numéricos permite el cálculo de la ponderación de cada uno de los criterios y subcriterios.

Se comparan los criterios con la meta de la jerarquía correspondiente y los subcriterios con respecto al criterio del cual forman parte. Las preguntas en este cuestionario se dividen en dos partes: en la primera se decide cuál de los dos elementos considerados es más importante y en la segunda se evalúa el grado de preferencia de este elemento sobre el otro.

Para llevar a cabo la comparación relativa hay que elegir entre las siguientes opciones:

- de importancia igual;
- moderadamente más importante;

6 En inglés ‘Analytic Hierarchy Process’ (AHP).

- mucho más importante;
- muchísimo más importante;
- extremadamente más importante.

En el caso de indecisión entre dos opciones, existe la posibilidad de votar en favor de una valoración intermedia.

Le rogamos que en las siguientes preguntas determine primero el elemento que es más importante (columna) y después el grado de preferencia (fila) y que lo marque con una cruz en el lugar correspondiente.

Los documentos con la estructuración de las jerarquías y la definición de sus elementos, que ya recibí, podrán facilitarle responder a las preguntas.

Muchas gracias!

A. Jerarquía IMPACTOS POTENCIALES

A.i. Criterio MEDIOAMBIENTAL

A.i.1. ¿Cuál subcriterio es más importante con respecto al criterio 'medioambiental', la **Biodiversidad** o la **Bioseguridad**, y en qué medida?

	Biodiversidad en comparación con Bioseguridad	Bioseguridad en comparación con Biodiversidad
De importancia igual	O	
	o	O
Moderadamente más importante	o	O
	o	O
Mucho más importante	o	O
	o	O
Muchísimomás importante	o	O
	o	O
Extremadamente más importante	o	O

A.i.2. ¿Cuál subcriterio es más importante con respecto al criterio 'medioambiental', el **Suelo** o el **Agua**, y en qué medida?

	Suelo en comparación con Agua	Agua en comparación con Suelo
De importancia igual	O	
	o	O
Moderadamente más importante	o	O
	o	O
Mucho más importante	o	O
	o	O
Muchísimomás importante	o	O
	o	O
Extremadamente más importante	o	O

A.i.3. ¿Cuál subcriterio es más importante con respecto al criterio ‘medioambiental’, la **Biodiversidad** o el **Agua**, y en qué medida?

	Biodiversidad en comparación con Agua	Agua en comparación con Biodiversidad
De importancia igual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Moderadamente más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mucho más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muchísimomás importante	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Extremadamente más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

A.i.4. ¿Cuál subcriterio es más importante respecto al criterio ‘medioambiental’, el **Suelo** o la **Bioseguridad**, y en qué medida?

	Suelo en comparación con Bioseguridad	Bioseguridad en comparación con Suelo
De importancia igual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Moderadamente más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mucho más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muchísimomás importante	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Extremadamente más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

A.i.5. ¿Cuál subcriterio es más importante con respecto al criterio ‘medioambiental’, la **Biodiversidad** o el **Suelo**, y en qué medida?

	Biodiversidad en comparación con Suelo	Suelo en comparación con Biodiversidad
De importancia igual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Moderadamente más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mucho más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muchísimomás importante	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Extremadamente más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

A.i.6. ¿Cuál subcriterio es más importante con respecto al criterio ‘medioambiental’, la **Bioseguridad** o el **Agua**, y en qué medida?

	Bioseguridad en comparación con Agua	Agua en comparación con Bioseguridad
De importancia igual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Moderadamente más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mucho más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muchísimomás importante	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Extremadamente más importante	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

ANEXO 3: Ponderación de los Criterios

Criterios/Subcriterios	Expertos																					Min.	Max.	Desviación Standard	Ponderación Local
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
Económico	12.2	51.6	51.6	51.3	41.0	23.9	11.9	10.9	33.7													10.9	51.6	17.8	32.0
Social	54.4	12.4	9.1	22.6	5.4	27.2	25.1	4.5	16.4													4.5	54.4	15.5	19.7
Medioambiental	27.1	15.6	25.6	19.3	22.5	41.9	57.4	26.4	40.2													15.6	57.4	13.3	30.7
Institucional	6.4	20.4	13.8	6.8	31.1	7.0	5.6	58.3	9.7													5.6	58.3	17.4	17.7
Beneficios sociales										69.6	55.9	42.0	62.7									42.0	69.6	11.8	57.6
Diversificación de la producción										22.9	35.2	51.1	28.0									22.9	51.1	12.3	34.3
Costos directos del proyecto										7.5	8.9	6.9	9.4									6.9	9.4	1.2	8.2
Distribución entre grupos sociales										66.7	12.5	50.0	20.0									12.5	66.7	25.4	37.3
Riesgo de salud										33.3	87.5	50.0	80.0									33.3	87.5	25.4	62.7
Agua														20.8	8.5	25.0	12.2					8.5	25.0	7.6	16.6
Suelo														20.8	11.1	25.0	49.4					11.1	49.4	16.3	26.6
Biodiversidad														48.7	51.2	25.0	23.9					23.9	51.2	14.8	37.2
Bioseguridad														9.6	29.2	25.0	14.5					9.6	29.2	9.1	19.6
Capacidad institucional	25.0	33.3	75.0	75.0	16.7	50.0	16.7	33.3	66.7													16.7	75.0	23.9	43.5
Capacitación de recursos humanos	75.0	66.7	25.0	25.0	83.3	50.0	83.3	66.7	33.3													25.0	83.3	23.9	56.5
Recursos humanos	25.8	40.0	60.0	25.8	48.1	45.5	74.7	48.1	41.3													25.8	74.7	15.4	45.5
Características de la investigación	10.5	40.0	20.0	63.7	11.4	9.1	11.9	40.5	26.0													9.1	63.7	18.7	25.9
Entorno de la investigación	63.7	20.0	20.0	10.5	40.5	45.5	13.4	11.4	32.7													10.5	63.7	18.3	28.6
Calidad	69.4	29.1	14.3	14.3	33.3	48.1	42.9	44.3	40.0													14.3	69.4	17.2	37.3
Experiencia	13.2	10.5	42.9	42.9	33.3	11.4	42.9	38.7	20.0													10.5	42.9	14.5	28.4
Masa crítica	17.4	60.5	42.9	42.9	33.3	40.5	14.3	16.9	40.0													14.3	60.5	15.4	34.3
Refo/Brecha tecnológico	63.7	11.7	40.5	25.8	33.3	14.9	35.2	29.7	28.6													11.7	63.7	15.2	31.5
Calidad de la propuesta	25.8	61.4	48.1	63.7	33.3	69.1	55.9	61.8	57.1													25.8	69.1	14.6	52.9
Normativas	10.5	26.8	11.4	10.5	33.3	16.0	8.9	8.6	14.3													8.6	33.3	8.7	15.6
Colaboración entre investigadores	21.8	40.0	46.0	69.4	20.0	40.5	9.4	29.1	40.0													9.4	69.4	17.6	35.1
Disponibilidad de infraestructura	6.7	40.0	22.1	13.2	20.2	11.4	28.0	60.5	40.0													6.7	60.5	17.2	26.9
Gerencia del proyecto	71.5	20.0	31.9	17.4	60.2	48.1	62.7	10.5	20.0													10.5	71.5	22.9	38.0
Situación de los usuarios finales	16.5	26.0	16.2	7.5	9.6	9.7	6.5	5.8	11.7									6.5	13.0	12.7	7.2	5.8	26.0	5.7	11.5
Interés de los usuarios finales	28.5	8.0	48.7	50.8	39.4	40.4	51.3	53.4	44.0									16.3	46.5	41.1	51.8	8.0	53.4	14.2	40.0
Proceso de desarrollo y transferencia	49.4	29.5	12.7	26.5	28.7	38.0	30.5	11.2	15.6									55.9	33.5	39.6	21.4	11.2	55.9	13.4	30.2
Aceptación pública	5.7	36.5	22.3	15.1	22.3	11.9	11.6	29.7	28.7									21.2	7.0	6.5	19.6	5.7	36.5	9.7	18.3
Cantidad																		83.3	16.7	12.5	25.0	12.5	83.3	33.0	34.4
Grado de organización																		16.7	83.3	87.5	75.0	16.7	87.5	33.0	65.6
Beneficios privados																		62.7	45.5	26.0	67.4	28.0	67.4	17.9	50.9
Demanda clara y concreta																		28.0	45.5	62.7	10.1	10.1	62.7	22.6	36.6
Participación																		9.4	9.1	9.4	22.6	9.1	22.6	6.7	12.6
Tiempo de maduración																		16.2	8.5	20.0	13.6	8.5	20.0	4.8	14.6
Número de etapas																		7.0	9.5	7.8	13.6	7.0	13.6	2.9	9.5
Existencia de un programa de invest.																		40.5	24.8	20.0	55.2	20.0	55.2	16.0	35.1
Sistema de transferencia																		36.3	57.1	52.2	17.6	17.6	57.1	17.8	40.8
Actitud frente a productos transgénicos																		50.0	25.0	16.7	50.0	16.7	50.0	17.2	35.4
Actitud frente a residuos químicos																		50.0	75.0	83.3	50.0	50.0	83.3	17.2	64.6

ANEXO 4: Evaluación de los Proyectos

Criterio/Subcriterio	Peso (%)	Chirimoya		Uva		Papa		Tomate		Trigo		Nothofagus		Flores	
		potenc.	reales	potenc.	reales	potenc.	reales	potenc.	reales	potenc.	reales	potenc.	reales	potenc.	reales
Impactos		14,7	6,06	26,5	9,22	16,0	5,47	10,0	5,57	9,6	3,28	11,7	3,65	11,6	2,73
Económico	32,0	17,9	5,0	46,1	15,2	18,1	5,7	6,6	4,0	3,9	1,9	2,4	0,5	4,9	0,8
Beneficios sociales	57,6	12,6	3,2	50,1	15,9	23,5	5,0	5,2	1,8	2,7	0,5	2,1	0,3	3,8	0,3
Diversificación de la producción	34,3	29,4	7,5	48,0	15,3	6,8	1,5	3,0	1,1	3,0	0,6	3,0	0,4	6,8	0,6
Costos directos del proyecto	8,2	6,8	6,8	9,4	9,4	27,7	27,7	32,1	32,1	16,7	16,7	2,1	2,1	5,1	5,1
Social	19,7	14,1	3,6	31,0	9,8	18,2	3,9	9,2	3,2	9,2	1,8	9,2	1,3	9,2	0,8
Distribución entre grupos sociales	37,3	19,2	4,9	27,0	8,6	30,1	6,4	5,9	2,1	5,9	1,2	5,9	0,9	5,9	0,5
Riesgo de salud	62,7	11,1	2,8	33,3	10,6	11,1	2,4	11,1	3,9	11,1	2,2	11,1	1,6	11,1	1,0
Medioambiental	30,7	5,9	2,5	12,9	4,7	15,1	6,4	13,3	7,7	5,2	1,3	26,5	9,3	21,0	5,7
Suelo	31,9	11,1	2,8	33,3	10,6	11,1	2,4	11,1	3,9	11,1	2,2	11,1	1,6	11,1	1,0
Biodiversidad	44,6	3,0	2,0	4,0	2,3	14,1	6,8	10,1	6,7	1,9	0,7	39,7	15,1	27,4	8,5
Bioseguridad	23,5	4,5	3,1	2,2	1,3	22,5	10,9	22,5	14,9	3,4	1,3	22,5	8,6	22,5	7,0
Institucional	17,7	24,6	16,8	9,5	5,5	11,0	5,3	11,0	7,2	28,1	10,8	5,8	2,2	10,0	3,1
Capacidad institucional	43,5	30,8	21,0	12,5	7,3	20,8	10,1	20,8	13,7	5,7	2,2	7,0	2,7	2,4	0,7
Capacitación de recursos humanos	56,5	19,9	13,6	7,1	4,1	3,4	1,7	3,4	2,2	45,3	17,5	4,9	1,9	15,9	4,9
Exito de Investigación			0,68		0,58		0,49		0,66		0,39		0,38		0,31
Recursos humanos	27,4		0,63		0,26		0,63		0,26		0,26		0,33		0,57
Formación	50,0		0,26		0,26		1,00		0,26		0,26		0,13		0,13
Experiencia	50,0		1,00		0,26		0,26		0,26		0,26		0,52		1,00
Características de la investigación	10,2		0,08		0,08		0,17		0,35		0,08		0,35		0,35
Reto tecnológico	66,7		0,06		0,06		0,13		0,26		0,06		0,26		0,26
Normativas	33,3		0,13		0,13		0,26		0,52		0,13		0,52		0,52
Entorno de la investigación	5,4		0,83		0,83		0,63		0,33		0,63		0,44		0,47
Colaboración entre investigadores	35,1		0,52		0,52		0,52		0,26		0,52		0,06		0,06
Disponibilidad de infraestructura	26,9		1,00		1,00		0,26		0,52		0,26		0,13		0,26
Gerencia del proyecto	38,0		1,00		1,00		1,00		0,26		1,00		1,00		1,00
Calidad de la propuesta	57,1		0,80		0,80		0,46		0,94		0,48		0,41		0,16
Consistencia con la literatura	24,4		0,52		0,52		0,26		1,00		0,52		0,26		0,26
Factibilidad de la hipótesis	62,9		1,00		1,00		0,52		1,00		0,52		0,52		0,13
Concordancia entre recursos y tareas	7,9		0,52		0,52		0,52		0,52		0,13		0,13		0,13
Resultados preliminares	4,8		0,06		0,06		0,52		0,52		0,26		0,13		0,13
Exito de Transferencia			0,37		0,55		0,44		0,53		0,51		0,38		0,29
Situación de los usuarios finales	11,5		0,14		0,67		0,33		0,14		0,33		0,14		0,14
Interés de los usuarios finales	40,0		0,34		0,34		0,34		0,34		0,34		0,34		0,12
Proceso de desarrollo y transferencia	30,2		0,28		0,65		0,28		0,65		0,65		0,15		0,15
Aceptación pública	18,3		0,76		0,76		1,00		1,00		0,76		1,00		1,00

