

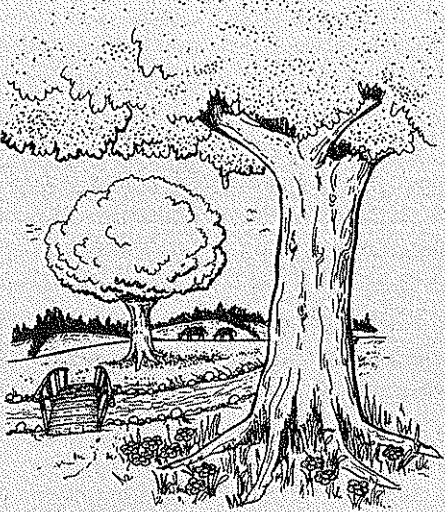
# PRODUCTIVIDAD AGRICOLA Y PROTECCION AMBIENTAL

## Investigación y Transferencia de Tecnología

Rafael Novoa S.A.

El desastroso impacto ambiental que ha producido la aplicación de algunas tecnologías en diversos ambientes, ya sea rurales, urbanos o acuáticos, ha sensibilizado a la opinión pública. El reconocimiento de los peligros que encierran algunas tecnologías en sí mismas para el medio ambiente, o el mal uso de otras, obliga a los investigadores a considerar seriamente el impacto ambiental de las tecnologías que se produzcan o que ya están siendo utilizadas. En tal sentido la preocupación que nos reúne a los investigadores del área agrícola, es analizar la posibilidad de desarrollar técnicas que mejoren o mantengan la productividad, pero que no afecten negativamente al medio ambiente rural ni a la calidad de los alimentos.

Hay mucha inquietud por este tema y por el de la factibilidad de desarrollar técnicas que permitan una agricultura menos dependiente del uso de energía. Lo último porque algunos análisis (Pimentel y otro) han mostrado que la mayor productividad de la agricultura está casi siempre asociada a un mayor insumo energético, situación que aparece como insostenible en el futuro.



A continuación se informa brevemente sobre qué es el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y cuáles son los principios determinantes de la productividad de los sistemas agrícolas modernos, cuáles son las tecnologías que no provocan deterioro ambiental, cuáles son aquellas que sí lo hacen y las perspectivas de cambios, cómo INIA distribuye sus recursos de investigación y cuáles son las conclusiones más relevantes

### **EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**

Todos los países modernos han reconocido que su principal fuente de riqueza es la venta de conocimientos o dicho de otro modo: información.

Esta se vende, principalmente, en forma indirecta incorporada a productos industriales, mineros o agrícolas. Por lo tanto, se concibieron sistemas capaces de generar información. Ello condujo en Chile y Latinoamérica a la creación de Institutos de Investigación encargados de esta tarea.

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, es la organización que Chile creó para la generación de información tecnológica en el área agrícola. Dicha información tiene por objeto mejorar la productividad de los ecosistemas agrícolas y la calidad de los productos de origen agropecuario.

En INIA trabajan alrededor de 220 profesionales, los cuales están ejecutando sus labores en cinco Estaciones Experimentales: La Platina, en la Región Metropolitana; Quilamapu, en la VII Región; Carillanca, en la IX Región; Remehue, en la X Región y Kampenaike en la XII Región. Su organización está concentrada en 27 programas de investigación, una de Transferencia de Tecnología y cuatro de apoyo.

### **PRINCIPIOS Y TECNOLOGIAS QUE DETERMINAN LA PRODUCTIVIDAD AGRICOLA**

En todo sistema agrícola encontramos cuatro elementos básicos que lo conforman y son requeridos para un adecuado funcionamiento: Materiales, Energía, Información y Capital. Las cantidades y flujos de cada uno de ellos son determinantes de la productividad del sistema. El manejo de los elementos antes mencionado constituye la esencia de la agronomía y, tanto a nivel de rubro (trigo, maíz, carne u otro) como de predio, se traduce en la aplicación de cinco principios agronómicos fundamentales:

- Uso de organismos eficientes.
- Provisión de las condiciones ecológicas necesarias a esos organismos.
- Aplicación correcta de las técnicas de producción.
- Aplicación del enfoque de sistemas.
- Cuidado en los aspectos económicos.

#### **Uso de organismos eficientes**

Dado que los hombres no pueden usar directamente la energía y los materiales disponibles en el medio natural inorgánico es necesario transformarlos. Para ese fin se usa organismos vivos: vegetales y animales.

Los vegetales atrapan energía solar en uniones químicas y cosechan elementos inorgánicos del aire y suelo. Con esa energía y esos materiales forman compuestos químicos ricos en energía, carbohidratos (azúcares) o lípidos (grasas y aceites), o de alto contenido en elementos esenciales a la vida, por ejemplo: nitrógeno. Los animales, a partir de los productos sintetizados por las plantas, generan compuestos que el hombre no es capaz de sintetizar como son, por ejemplo, los aminoácidos esenciales, unidades básicas que componen las proteínas.

Por lo anterior es de enorme importancia para la productividad agrícola, usar organismos eficientes en ejecutar tales transformaciones. En la práctica, ello se logra aplicando la genética a plantas y animales de interés para la agricultura. Esta poderosa herramienta tiene la ventaja de acrecentar: la capacidad productiva, la resistencia a enfermedades, la adaptabilidad al medio ambiente físico (clima, suelos) y la calidad del producto que ellos generen.

El mejoramiento genético conduce, en términos agronómicos a variedades o razas más productivas. La tecnología que implica son semillas o reproductores.

Las tecnologías basadas en la aplicación de la genética no tienen efectos directos sobre el medio ambiente que sean negativos.

#### **Provisión de las condiciones ecológicas adecuadas**

Disponer de organismos eficientes es una condición necesaria, pero insuficiente para determinar una buena productividad. También es requisito proveerlos de las condiciones ecológicas que les permita expresar su potencial genético. Las condiciones ecológicas adecuadas se refieren tanto al ambiente físico-químico como al biológico. Ello implica considerar el clima, el suelo, las condiciones hídricas, nutricionales y sanitarias.

#### **Aplicación correcta de las técnicas de producción**

Es de gran importancia hacer una aplicación correcta de las técnicas, en especial de las relacionadas con los agroquímicos y la maquinaria de labranza del suelo.

Una aplicación correcta significa usar la tecnología en el momento preciso y en la dosis o intensidad adecuada.



#### **Aplicación del enfoque de sistema**

La productividad de un determinado rubro (trigo, leche, carne, maíz, etc.) o de un predio (conjunto de rubros que produce un agricultor), será más alta si se aplica un enfoque de sistema. Esto significa que la productividad de un rubro no depende sólo de un factor o tecnología, sino de un conjunto de ellos; el éxito está en el uso de una sabia combinación de técnicas. En el predio significa que hay relaciones y circuitos de retroalimentación entre rubros.

#### **Cuidado de los aspectos económicos**

Ningún sistema agrícola es viable ni es productivo si no se usan recursos económicos.

En el Cuadro 1 se resumen los principios enunciados, las principales técnicas que se emplean para aplicar cada uno de ellos y su impacto ambiental.

Podemos observar que de 31 técnicas disponibles y necesarias para obtener altas productividades, 13 no tienen impactos negativos, 5 no tienen o es bajo, 3 tienen impacto bajo, en 4 el impacto es de bajo a medio, en 1 es de ninguno a alto, en 3 es de bajo a alto y en 2 es de medio a alto. Debemos preocuparnos entonces, en primer lugar de aquellas tecnologías que tienen un impacto potencial alto y que son cinco: labranza del suelo, uso de fertilizantes, insecticidas, hormonas animales y riego. En segundo lugar aquellas de impacto potencial medio que son cuatro: uso de herbicidas, fungicidas, nematocidas y acaricidas.

**CUADRO 1. Principios y principales técnicas usadas para incrementar la productividad agropecuaria y su impacto ambiental potencial.**

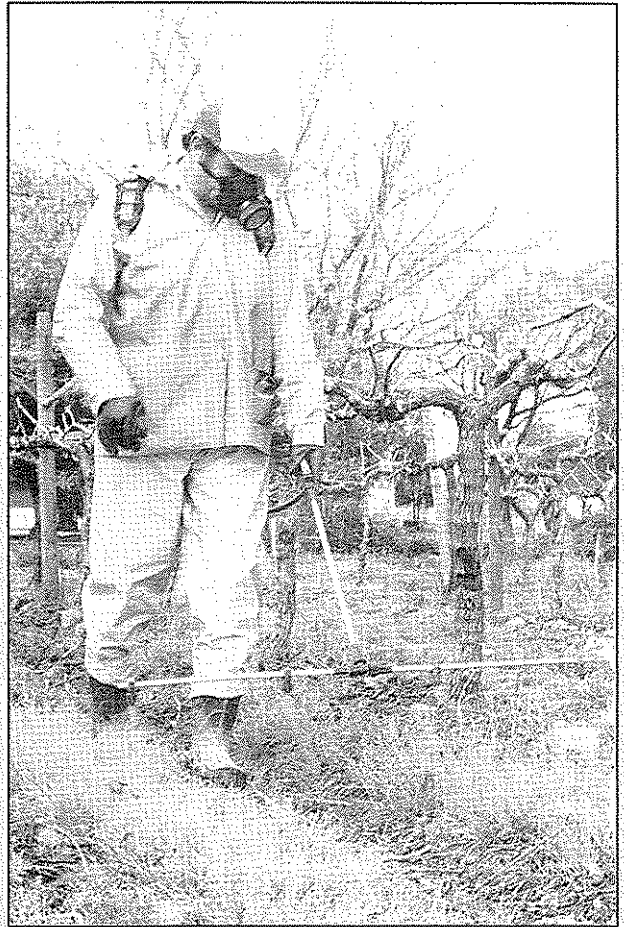
Principio	Técnica	Impacto ambiental potencial negativo
1. Uso organismos eficientes	Variedad o raza	Ninguno
	Hormonas vegetales	Ninguno
	Hormonas animales	Medio-alto
	Podas Biotecnologías	Ninguno Ninguno
2. Condiciones ecológicas adecuadas: Clima	Especie, variedad o raza	Ninguno
	Epoca siembra	Ninguno-bajo
	Invernaderos	Bajo
	Cortina corta viento	Ninguno
	Control heladas	Bajo
Suelo Nutritivas	Labranza	Medio-alto
	Fertilizantes minerales	Bajo-alto
	Abonos orgánicos	Ninguno-bajo
	Concentrados	Ninguno
Hídricas	Riego	Ninguno-alto
	Drenaje	Ninguno
Sanitarias	Herbicidas	Bajo-medio
	Insecticidas	Bajo-alto
	Fungicidas	Bajo-medio
	Control biológico	Ninguno
	Nemacidas	Bajo-medio
	Acaricidas	Bajo-medio
	Vacunas	Ninguno-bajo
Remedios (antibióticos)	Bajo	
3. Aplicación correcta de las tecnologías	Momento	Ninguno
	Cantidad	Bajo-alto
4. Enfoque sistemas	Rotaciones	Ninguno
	Control integrado plagas	Ninguno-bajo
	Reciclaje residuos	Ninguno-bajo
	Informática	Ninguno
5. Cuidar aspectos económicos	Administración	Ninguno

## ANALISIS DE LAS TECNICAS CON IMPACTO POTENCIAL ALTO Y MEDIO

Como se dijo, de 31 técnicas usadas para aumentar la productividad agrícola sólo 9 presentan un impacto potencial negativo medio o alto. Discutiremos cada una de ellas y las posibilidades de cambio para reducir su impacto en el medio ambiente.

### Técnicas de impacto potencial negativo medio: uso de herbicidas, fungicidas, nematocidas y acaricidas.

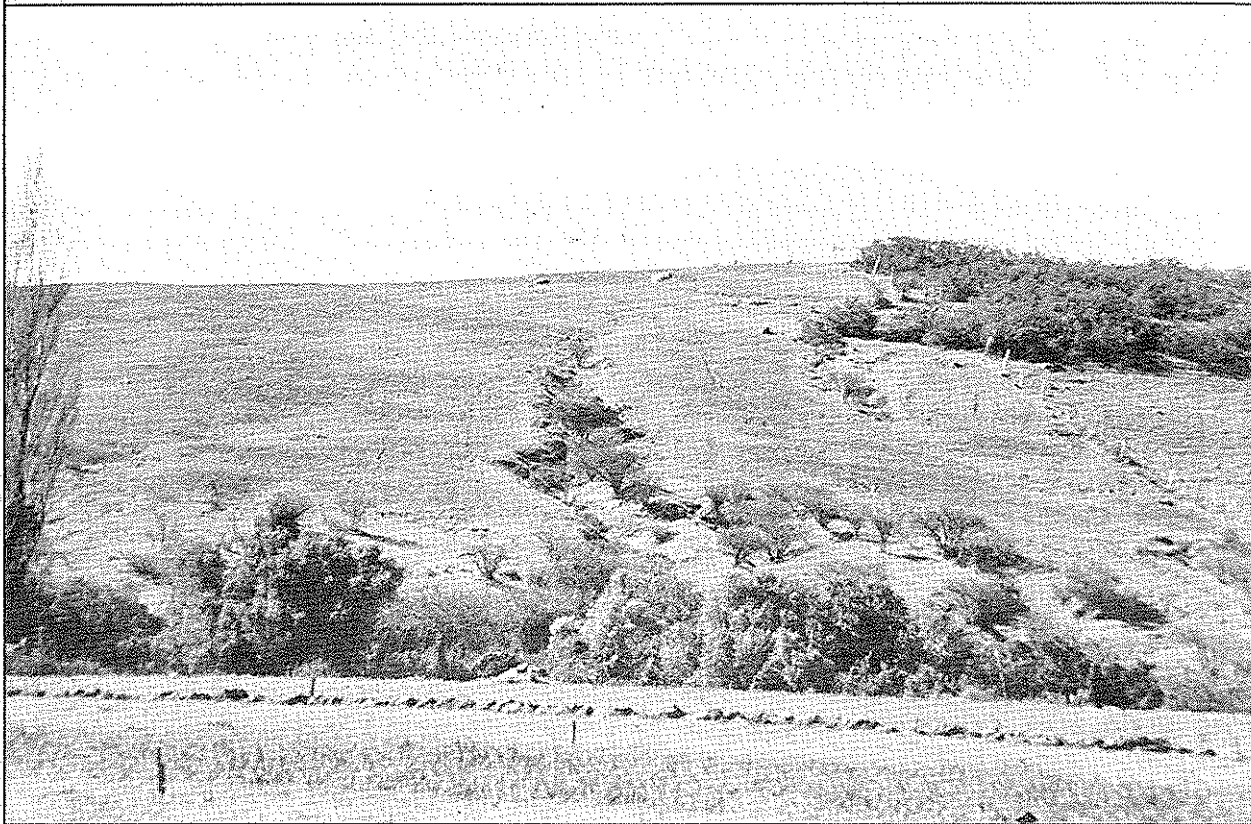
Dada las tendencias actuales, todas estas técnicas son estudiadas para reducir su impacto ambiental. Así, en el caso de malezas, se busca controlarlas con herbicidas de rápida degradación o bien utilizando paja o haciendo rotaciones de cultivos. También se está desarrollando variedades resistentes a herbicidas, como el glifosato por ejemplo, que siendo de fácil degradación no son selectivos y por lo tanto no pueden ser utilizados en un gran número de especies; ya han sido creadas variedades de maravilla y tomate resistentes a glifosato. Además, es posible reducir las malezas por medio del control biológico es decir con insectos o enfermedades que las atacan.



*Foto 1. Los herbicidas producen un impacto negativo moderado para el medio ambiente, una de las formas que se puede aminorar es buscando productos que se degraden más rápidamente.*



*Foto 2. Existen técnicas agronómicas, como rotaciones, resistencia genética, control biológico, que pueden contribuir a la reducción del uso de productos químicos para el control de plagas.*



*Foto 3. La labranza del suelo causa erosión, efecto de alto impacto negativo. Con cero labranza puede evitarse.*

En lo referente al control de enfermedades sucede igual cosa, pero en este caso el principal criterio de selección de variedades de trigo y otras, es su resistencia a enfermedades provocadas por hongos, para evitar las aplicaciones de fungicidas. Otras técnicas usadas con este propósito y no dañinas para el medio son: rotaciones y solarización, las que se usan para reducir el ataque de enfermedades radicales.

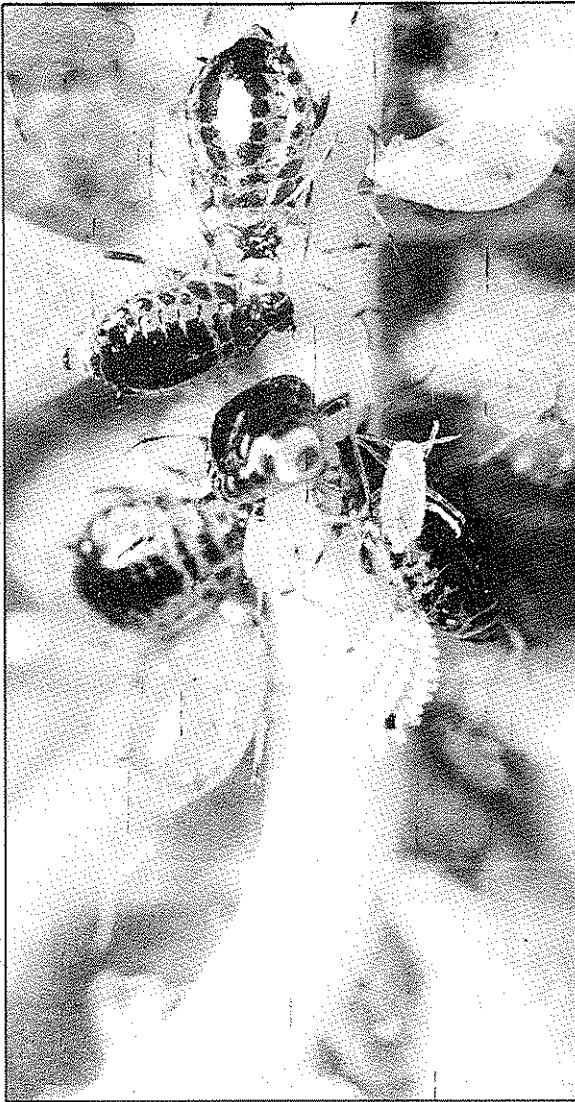
El control de nematodos es también abordable mediante las rotaciones que incluyen plantas con propiedades nemacidas.

Para el control de ácaros la situación es similar.

Podemos decir entonces que existen técnicas agronómicas (rotaciones, resistencia genética, control biológico) para reducir el uso de productos químicos. Por otra parte, es también posible formular pesticidas más efectivos y de menor persistencia en el medio.

El uso de pesticidas se puede disminuir también aplicando la informática. Esta permite combinar información meteorológica, información espacial relacionada con la presencia de plagas o enfermedades, información proveniente de trampas de feromonas, etc. y reducir al mínimo los momentos y la superficie tratada.

Lo anterior implica que estas técnicas de impacto negativo medio, son perfectamente reemplazables por otras de menor impacto ambiental. Sin embargo, aún estas vías no han sido lo suficientemente desarrolladas y a nivel práctico se sigue y seguirá recurriendo, en el mediano plazo, a los agroquímicos.



*Foto 4. El control biológico de insectos plagas y el uso de insecticidas menos peligroso, ayudan a disminuir el impacto negativo alto para el ambiente que provocan estos productos.*

**Técnicas de impacto potencial negativo alto: labranza de suelo, riego, uso insecticida, hormonas en animales y uso de fertilizantes.**

En Chile todos los suelos agrícolas están erosionados y hemos perdido 2 millones de hectáreas por erosión severa, es decir que no pueden ser recuperadas. La labranza del suelo es una técnica que causa erosión,

siendo la forma más habitual de manejo. Sin embargo, ella no es necesaria para obtener altas productividades. Los estudios muestran que es posible obtener producciones similares y a veces superiores con cero labranza que con labranza tradicional. Esto ha sido probado en los principales cultivos extensivos: trigo, maíz, soya, avena, maravilla, raps, frutales, etc.

El riego, provoca dos impactos negativos: erosión y salinización. En Chile es importante la erosión provocada por el mal riego y la salinización es un problema en Copiapó y en toda la zona desde el Cachapoal al norte. Ambos problemas son controlables: la erosión con sistemas de riego no erosivos (goteo) o sistemas técnicamente bien diseñados que eviten los caudales y las pendientes excesivas en canales y acequias y la salinización haciendo lavados periódicos.

Las técnicas de cero labranza y riego por goteo son tan revolucionarias que nos obligan a cambiar nuestros conceptos de uso del suelo y ya no tiene sentido hablar de suelos no cultivables Clases VI o VII de capacidad de uso. Además, la cero labranza, nos hace dudar de la validez del concepto de "cama de semilla" el cual es usado para justificar el uso del arado.

Respecto a los insecticidas es posible reducir las aplicaciones usando las técnicas de control biológico, macho esterilizaciones, cambios en épocas de siembra, etc. Además, cada día aparecen insecticidas más específicos y más biodegradables, como también se ha prohibido el uso de insecticidas organoclorados y otros. Los avances no son completos. En el mediano plazo no parece factible eliminar el uso de insecticidas, pero si usar aquellos menos peligrosos y hacer aplicaciones de impacto bajo a medio. En el largo plazo, creo será factible reducir más y más el uso de insecticidas dañinos para el medio ambiente.

En lo referente al uso de hormonas en producción animal, es de poco uso en Chile y estoy convencido que su utilización no es necesaria para una alta productividad. De hecho, nuestras investigaciones indican que sin usar hormonas podemos incrementar en cinco o más veces la producción de carne por hectárea en los secanos y triplicar la producción de leche.

Por último, en el caso de los fertilizantes, técnica fundamental para aumentar productividad ya que aporta materiales que son comúnmente limitantes bajo condiciones naturales, debemos considerar que sólo cinco elementos (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y calcio) son utilizados en el país en forma importante. De ellos, el nitrógeno es el más usado (100 a 400 kg/ha) con eficiencias de un 50 por ciento. Su empleo puede provocar, por percolación y lixiviación, la nitrificación de ecosistemas acuáticos. En Chile no se ha detectado este problema por efecto de los fertilizantes nitrogenados (urea o salitre). Evidentemente, la aplicación de nitrógeno es inevitable para mantener altas productividades, no obstante es factible reducirlas utilizando leguminosas, micro algas u otros organismos fijadores de nitrógeno atmosférico. También es posible mejorar su aprovechamiento controlando el momento, la dosis y el tipo de fertilizante nitrogenado. El uso de nitrógeno proveniente de fuentes orgánicas como guano, compost o residuos puede contribuir a reducir las aplicaciones de sales químicas solubles, pero no reemplazarlas totalmente para mantener altas producciones de cereales y otros cultivos que no sean leguminosas. Por otra parte, en experimentos realizados en la Estación Experimental La Platina, el uso prolongado y en forma racional de sales químicas nitrogenadas no ha mostrado efectos negativos en el suelo.

En el caso del fósforo, el segundo nutriente de mayor uso (50 a 200 kg  $P_2O_5$ /ha), debido a su inmovilidad y a la alta fijación que se produce en los suelos, en especial

los de origen volcánicos, no representa un peligro para el medio en Chile. Sin embargo, es muy necesario mejorar la eficiencia de su aprovechamiento por la planta que es muy bajo, 10 por ciento o menos, y para ello parece ser importante la materia orgánica. Quizás en un plazo muy largo y no definido, podría llegar a niveles preocupantes tanto por razones económicas como por lo limitado de los yacimientos mundiales de fósforo.

El potasio es de uso más reducido y más localizado. Mientras que el nitrógeno y el fósforo son requeridos en todos los suelos de Chile, el potasio lo es sólo en algunos. Por ello, su utilización representa un peligro potencial medio, que se puede controlar teniendo la precaución de aplicarlo en las dosis correctas y en los momentos oportunos.

El azufre, calcio y elementos menores como boro, zinc, magnesio, manganeso, etc., sólo tienen un impacto ambiental bajo o nulo. En resumen, sólo el nitrógeno y potasio pueden presentar algún grado de problema, pero todos ellos superables.

#### **COMO EL INIA DISTRIBUYE SUS ESFUERZOS PARA EL DESARROLLO DE TECNICAS AGRICOLAS**

De los recursos humanos que INIA asigna al desarrollo de técnicas de producción agrícola el 78 por ciento de nuestros esfuerzos están abocados al desarrollo de técnicas inocuas o de bajo impacto ambiental, el 15 por ciento técnicas de impacto medio y sólo un 7 por ciento a técnicas con impacto potencial negativo alto (Cuadro 2). Sin embargo, este 15 y 7 por ciento son sobre estimaciones, ya que aplicando correctamente las técnicas es posible reducir drásticamente sus aspectos negativos.



**CUADRO 2. Resumen de recursos humanos que INIA asigna a actividades de investigación, transferencia de tecnología y otras. Impacto ambiental.**

Objetivo principal	Programa	Profes. Nº	Impacto ambiental			
			Ninguno	Bajo	Medio	Alto
Generar organismos eficientes	Arroz	2	2			
	Avena	2	2			
	Biotecnología	1	1			
	Fitopatología	4	4			
	Frutales y Viñas	5	5			
	Hortalizas	1	1			
	Leguminosas Grano	6	6			
	Maíz	3	3			
	Oleaginosas	2	2			
	Papas	3	3			
	Praderas	6	6			
	Prod. Semillas	5	2	3		
	Rec. Genéticos	2	2			
	Ovinos	0,5	0,5			
Trigo	12	12				
<b>Subtotal</b>		<b>54,5</b>	<b>51,5</b>	<b>3</b>		
Manejo Sistemas	Carne	7		7		
	Leche	8		8		
	Entomología	6			4	2
	Control Biológico	4	4			
	Ecología	13		12	1	
	Fitopatología	13		5	8	
	Fertilidad Suelos	13		2	5	6
	Frutales y Viñas	4		2	2	
	Hortalizas	3		3		
	Malherbología	5		1	4	
	Ovinos	5,5		5,5		
	Post Cosecha	2	1	1		
	Praderas	7	5	2		
	Riego	8		4		4
Economía	9	9				
		107,5	19	52,5	24	12
<b>Subtotal</b>		<b>162</b>	<b>70,5</b>	<b>55,5</b>	<b>24</b>	<b>12</b>
Porcentaje (%)		100	44	34	15	7
Difusión	Trans. Tec.	28				
Otros		34				
<b>Total</b>		<b>224</b>				

## EN RESUMEN

De acuerdo a lo expresado en los párrafos anteriores, podemos destacar que:

1. De un total de 30 técnicas principales que usa la agricultura moderna, sólo nueve de ellas son de impacto potencial negativo medio o alto.
2. De estas técnicas tradicionales, cuatro son de impacto medio: uso herbicidas, fungicidas, nemacidas y acaricidas. Todas ellas son mejorables o sustituibles, de modo que su impacto ambiental puede reducirse drásticamente sin gran efecto en la productividad.
3. Las técnicas de impacto potencial negativo alto son cinco: labranza del suelo, riego, uso de insecticidas, de hormonas y de fertilizantes. De éstas, la labranza es posible eliminarla sin mayores problemas de productividad; el riego se puede mejorar y evitar la erosión o salinización que produce; el uso de hormonas animales son prescindibles sin afectar gravemente la productividad; el uso de insecticidas es factible de ser reducido con técnicas integradas; control biológico y otra y, en el caso de fertilizantes, del total de los requerimientos sólo el nitrógeno y el potasio presentan problemas si se usan en forma indebida, existiendo formas de controlar su impacto negativo.
4. Todo indica que modificando las técnicas de más alto riesgo, es posible no afectar las productividades agrícolas y no afectar el medio.
5. El 76 por ciento del esfuerzo investigador de INIA está orientado principalmente al desarrollo de técnicas de ningún o bajo impacto ambiental. El 15 por ciento a técnicas con potencial negativo medio y sólo un 8 por ciento a técnicas con potencial negativo alto. Sin embargo, estas técnicas si se aplican adecuadamente no deberían constituir problema para el medio o para el hombre.

# DISMINUYA SUS PERDIDAS DE GRANOS EN POSTCOSECHA

**TECNOLOGIAS BASICAS  
SOBRE ACONDICIONAMIENTO,  
ALMACENAMIENTO Y  
CONSERVACION DE GRANOS.  
PARA QUE EL AGRICULTOR  
PUEDA ENTREGAR AL  
MERCADO UN PRODUCTO  
DE BUENA CALIDAD.**



ADQUIERA ESTA  
PUBLICACION EN :  
E. E. LA PLATINA  
SANTA ROSA 11610,  
LA PINTANA  
TELEFONO. 5586061,  
CASILLA 439, CORREO 3  
SANTIAGO DE CHILE  
ES UN BOLETIN DEL PROYECTO  
INIA PNUD FAO CHI/83/006