



¿Dónde intensificar con el uso de más tecnología?

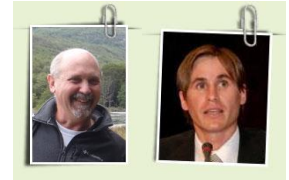
En varios cultivos y regiones el contexto induce a intensificar, pero ¿dónde hacerlo para capturar eficiencia y reducir riesgos ambientales? El marco conceptual sobre el que se analizan los beneficios o perjuicios de intensificar puede determinar distintas decisiones frente a una misma situación. Este artículo analiza las bases sobre las que se apoyan usualmente nuestras decisiones de intensificar (aumentar el uso de insumos) para mejorar el rendimiento de los cultivos y su rentabilidad en distintas condiciones de ambiente y de manejo. El artículo introduce el tema con el objeto de motivar la reflexión crítica alrededor de las decisiones en las que usualmente interviene el asesor y productor.



¿Dónde intensificar con el uso de más tecnología?

Por: Ing. Agr. PhD Emilio Satorre y Dr. Federico Bert,

Palabras clave: Eficiencia de uso de recursos, intensificación, fertilización



Hoy no existen dudas de la necesidad de aumentar los rendimientos de los cultivos. Por un lado, hay una necesidad social: satisfacer la demanda creciente de alimentos, fibras y energías. Por el otro, porque es un determinante importante del resultado de la actividad y la empresa. De hecho, muchas de las decisiones de manejo que el productor toma a diario tienen como objetivo aumentar el rendimiento. La intensificación tecnológica - entendida como el mayor uso de tecnologías (tanto de procesos, de conocimiento y de insumos)- es sin dudas la principal herramienta para lograr ese aumento. Sin embargo, aumentar la intensificación tecnológica no necesariamente significa un mejor resultado productivo o económico para el productor, especialmente si ésta se apoya en conceptos equivocados o se sobre-utiliza, por ejemplo.

Usualmente, el uso adecuado de las tecnologías se mide por su resultado (rendimiento) o su eficiencia (rendimiento producido por unidad de insumo tecnológico aplicado). La respuesta (rendimiento) y la eficiencia con que una tecnología se traduce en mayor producción dependen de la tecnología en sí misma pero también de la situación en la que se aplica (otras tecnologías aplicadas, características del ambiente, etc.). Es decir, la eficiencia depende de múltiples interacciones entre la tecnología y otros factores de ambiente y manejo. De esta manera, el desafío que enfrenta a diario el productor es decidir bajo qué condiciones o circunstancias incrementa el nivel tecnológico (i.e., invierte en más tecnología) de manera de asegurar el aumento de producción y el retorno a la inversión. El objeto de las líneas que siguen es motivar la reflexión crítica alrededor de las decisiones en las que

usualmente interviene introduciendo un marco teórico de referencia.

Factores determinantes de la respuesta tecnológica y modelos de decisión

Para analizar los modelos de decisión más frecuentes utilizaremos un ejemplo real ligado al manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo. Evaluando la necesidad de fertilizar con nitrógeno (N) su lote de trigo ambientado, un productor del Norte de Buenos Aires/Sur de Santa Fe recibe la siguiente información:

Cuadro 1: Esquema de decisión para tres ambientes productivos determinados en un lote de trigo.

ZONA	N-Suelo (kg/ha 0-60cm)	Rinde esperado (kg/ha)	Dosis N (kg/ha)	N disponible (kg/ha)
Menor Rinde	40	4000	80	120
Rinde medio	45	5000	105	150
Mayor Rinde	45	6000	145	190

N disponible es la suma de N-Suelo y Dosis N

De los distintos marcos teóricos (ver adelante) para analizar las respuestas a las tecnologías y decidir la intensificación el asesor ha elegido el que responde a la "ley del mínimo". Este modelo conceptual establece que la producción aumenta a medida que se agrega un factor que limita en el sistema (nitrógeno en el caso analizado), hasta que el factor deja de ser limitante y pasa a limitar otro. El asesor identifica limitantes decrecientes a la productividad entre los ambientes de menor, medio y mayor rinde, de allí que aumenta la expectativa de rendimiento en los mejores ambientes y la dosis de fertilizante. La misma ley estipula que si se elimina un factor limitante (pasamos de ambiente de menor a mayor rinde, por ejemplo) es posible tener mayores rendimientos



con mayor agregado de nitrógeno (figura 1), de allí que el asesor incrementa la dosis con la mejora del ambiente. Sin embargo, el aspecto crítico es que la ley sugiere que el aumento de rendimiento ocurre manteniendo la eficiencia de uso del insumo constante (aproximadamente 30 kg N son requeridos en la recomendación sugerida, por tonelada de grano esperado). Este aspecto es sostenido por el asesor en la recomendación formulada (cuadro 1).

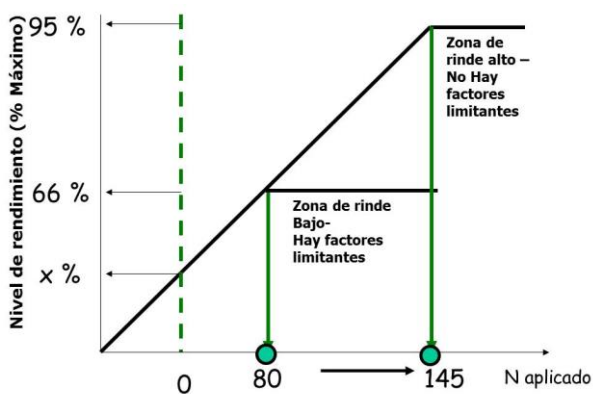


Figura 1: Respuesta al agregado de N esperada, de acuerdo a la “ley de mínimo”.

Sin embargo, pueden existir interacciones entre factores. Las interacciones determinan que la respuesta a un factor limitante (y por lo tanto su eficiencia para aumentar la producción) depende del nivel de otros factores, también limitantes (es decir, no es independiente de los demás factores, como sugiere la ley de mínimo). Incorporando este efecto, muchas decisiones se razonan apoyadas en la “**Ley de actividad constante**”. El marco teórico de este modelo sugiere que la tasa de respuesta al agregado de un factor limitante aumenta al eliminar la influencia de otros factores limitantes, maximizando la eficiencia sin necesidad de aumentar el nivel de nitrógeno en nuestro ejemplo. La figura 2 muestra cómo habría sido la recomendación basada en esta ley.

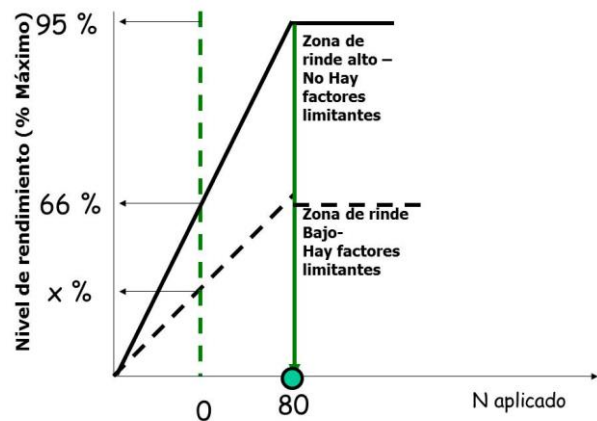


Figura 2: Respuesta al agregado de N esperada, de acuerdo a la “ley de actividad constante”.

Ambos modelos tienen rangos de aplicación en los que son operativos, es decir son posibles y, de hecho, se aplican usualmente. Claramente, la recomendación que surge de uno u otro es marcadamente distinta. A pesar de ser muy usados y de existir evidencia experimental para describirlos, ninguno de ellos describe la forma más frecuente en que estos (y muchos otros) factores interactúan en nuestros cultivos.

Otro modelo posible para explicar la respuesta tecnológica es el planteado por la “**Ley del óptimo**”. Esta ley plantea una situación intermedia entre las dos leyes ya comentadas. La ley de óptimo sugiere que la respuesta a un factor limitante (aportado por una tecnología) mejora cuando aumentan los niveles de otros factores y la eficiencia aumenta significativamente cuando el resto de los factores se encuentran cerca de niveles óptimos (figura 3). De este modo, en nuestro ejemplo, la ley de óptimo sugeriría aumentar la fertilización en el mejor ambiente (rechaza lo sugerido por la ley de actividad constante), pero no tanto como surgiría de aplicar la ley de mínimo (la eficiencia de uso de nitrógeno será mayor en el mejor ambiente; figura 3).

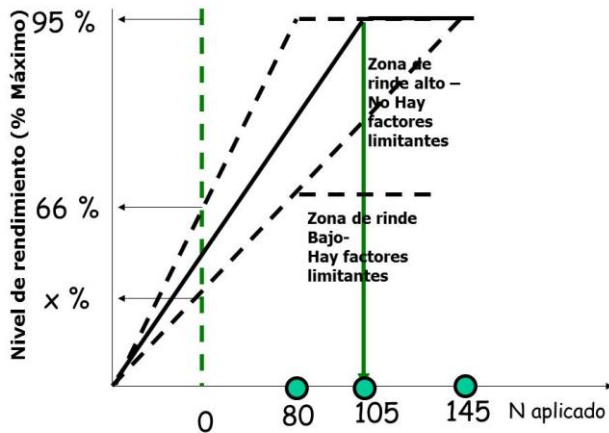


Figura 3: Respuesta al agregado de N esperada, de acuerdo a la “ley de óptimo”. En línea punteada se indican las respuestas esperadas bajo la ley de mínimo y la de actividad constante.

Una misma situación puede ser resuelta de tres maneras distintas, según el modelo sobre el cual razonemos la situación. En este punto, es necesario indicar que, al menos para el problema planteado aquí, la ley de óptimo ha aplicado con mayor frecuencia que las otras dos comentadas, dando soporte a sistemas de decisión muy usados (por ejemplo, TRIGUERO v2).

Las leyes anteriores no son más que un marco teórico, pero con enorme implicancia práctica, para evaluar cómo, consciente o inconscientemente, ordenamos las decisiones a la hora de decidir intensificar tecnológicamente. La validez de cada ley depende del factor limitante (y la tecnología que lo provee) y de la situación en cuestión (ambiente, resto de tecnologías). Para maximizar la producción y eficiencia de uso de tecnologías, la respuesta tecnológica debe cuantificarse de manera integral. La pregunta que deberíamos formularle al asesor (cuadro 1) no es ser sólo “¿Qué dosis de nitrógeno debo aplicar a cada ambiente de mi lote?”, sino también “¿Cuál es el factor que me permitirá expresar la ley de óptimo?”. De estar determinado éste por la profundidad del suelo

o el contenido de arcilla, diseñar el sistema para atenuar el efecto de esa limitante será la manera de aproximar los factores a un óptimo y capturar la mayor eficiencia de la tecnología. De ser la limitante otro nutriente (por ejemplo azufre), será más importante agregar ese nutriente al fertilizar nuestro cultivo, antes que aumentar la dosis de nitrógeno indiscriminadamente, a modo de ejemplo.

El ambiente (suelo, clima) y las decisiones de manejo (fecha de siembra, densidad, nutrientes incluidos en la fertilización, riego, etc.) son moduladores clave de la respuesta tecnológica y por lo tanto de la eficiencia con la que se utilizan los recursos de producción. El gran auge de la agricultura por ambientes responde justamente a este concepto: la respuesta a las tecnologías es distinta según las características del ambiente y, como tal, los niveles tecnológicos óptimos difieren entre ambientes. En casos en donde la respuesta tecnológica depende del potencial productivo, la caracterización del ambiente es clave para decidir dónde y cómo intensificar. Aún la decisión más simple requiere un análisis integrado, no aislado, del conjunto de condiciones y decisiones de producción.

El análisis presentado aquí, por el tipo de ejemplo elegido, se centró principalmente en el impacto de tecnologías de insumo (fertilización). Estas tecnologías (insumo) afectan la estructura de costos, el ambiente y el resultado del cultivo y la empresa. Sin embargo, una parte importante de los aumentos productivos y las mejoras en eficiencia pueden derivar de intensificar con tecnologías de procesos y conocimiento, que tienen costos incrementales muy bajos o nulos. Intensificar efectivamente en estas tecnologías es y será, sin dudas, una parte importante de la agricultura en los próximos años. 🌱