

XII Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia, Facultad de Humanidades y Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche, 2009.

Difusión de la agricultura de precisión en la región semiárida pampeana central.

Corro Molas, Andrés.

Cita:

Corro Molas, Andrés (2009). *Difusión de la agricultura de precisión en la región semiárida pampeana central. XII Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia, Facultad de Humanidades y Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-008/628>

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.

INTRODUCCIÓN

La difusión de innovaciones

El proceso de difusión de innovaciones ha sido ampliamente estudiado en distintas circunstancias y distintos enfoques. Uno de los pilares de la teoría sobre difusión de innovaciones lo constituye el aporte de Everett Rogers, quien inicialmente en 1962 plantea las bases del proceso y sus condicionantes, que hasta el día de hoy, son fortalecidos con nuevas evidencias empíricas. Se han planteado teorías alternativas que no han logrado quitar vigencia a la sencillez y la evidencia de la propuesta de Rogers E. (1995). La Difusión “*es el proceso por el cual una innovación es comunicada a través de ciertos canales, en el tiempo, entre los miembros de un sistema social.*” (Rogers E., 1995).

Los adoptantes pueden ser agrupados de acuerdo a su innovatividad en innovadores, adoptantes tempranos, mayoría temprana, mayoría tardía y rezagados. La separación de categorías se puede realizar calculando la media y el desvío estándar de la población de adoptantes potenciales.

Existen atributos de los adoptantes que influyen en la predisposición a la adopción de innovaciones. Los adoptantes tempranos en relación a los tardíos tienen más años de educación formal, poseen unidades más grandes, tienen más contacto con agencias de cambio y presentan una mayor exposición a canales de comunicación masivos e interpersonales.

Rogers (1995) menciona que aunque la riqueza y la innovatividad están relacionadas, no está clara la relación causa efecto entre ambas.

La actitud de los adoptantes hacia las nuevas tecnologías puede ser analizada desde las actividades de prueba de nuevas tecnologías (ensayos) que realizan. Los resultados de estas actividades determinan una disminución de la incertidumbre asociada a la innovación. Marra et al. (2002) mencionan que “*los pocos estudios que han examinado la importancia para el proceso de adopción, de los ensayos de nuevas tecnologías de los productores, han concluido que ellos juegan un rol clave*”

Los atributos de la innovación que influyen en la velocidad de adopción son la Ventaja Relativa, la Compatibilidad, la Complejidad, la Facilidad de Experimentación y la Observabilidad. La ventaja relativa es el grado por el cual una innovación es considerada

mejor que la idea que reemplaza. La Compatibilidad es el grado por el cual una innovación es percibida como consistente con los valores existentes, experiencias pasadas y necesidades de los potenciales adoptantes. La Complejidad es el grado por el cual una innovación es percibida como dificultosa para entender y usar. La Facilidad de Experimentación¹ es el grado por el cual una innovación puede ser experimentada sobre bases limitadas. La Observabilidad es el grado por el cual los resultados de una innovación son visibles para otros. Las innovaciones son más fácilmente difundidas en un sistema social, cuando disponen de altas ventaja relativa, compatibilidad, facilidad de experimentación y observabilidad, y de baja complejidad.

Baptista (2001) menciona que “la difusión puede ocurrir más rápido en áreas geográficas donde la densidad de adoptantes previos y otros recursos de conocimiento acerca de tales tecnologías es alto.”

La disponibilidad de agentes de cambio y líderes de opinión relacionados a una innovación determinada es un atributo del ambiente cercano a los adoptantes potenciales que puede influir en la dinámica de adopción. Rogers (1995) define el agente de cambio como un *“individuo que influencia las decisiones de innovación de sus clientes en una dirección juzgada deseable por una agencia de cambio”*. Los agentes de cambio incluyen proveedores, extensionistas, profesores, agentes de venta, etc. Asimismo define el liderazgo de opinión como *“el grado en el cual un individuo puede informalmente influenciar las actitudes o comportamiento de apertura de otros individuos de una manera deseada, con relativa frecuencia”*.

“El cambio implica aprendizaje.” (Cohen y Levinthal, 1989) La adopción de innovaciones se da en una situación de aprendizaje, donde se produce un incremento del conocimiento. Esta incorporación de conocimiento implica un estado o nivel previo, donde el conocimiento nuevo se integra e incrementa el pool disponible.

Geroski (2000) menciona respecto a las innovaciones que *“cuando se introducen inicialmente, las ventajas de adoptar nuevas tecnologías son a menudo difíciles de estimar con certeza, y pueden parecer demasiado aventuradas para valer la pena. Sin embargo, con el tiempo y el aumento del uso, más información llega a estar disponible que permite a las firmas valorar de nuevo el retorno esperado y el riesgo involucrado”*.

En un ambiente de incertidumbre continua, donde la adopción de innovaciones frecuentemente permite una ventaja competitiva temporal, es importante orientar los esfuerzos

¹ Se suele utilizar el atributo “divisibilidad” como sinónimo.

de la firma a generar capacidades competitivas duraderas. “*La mejor fuente para obtener una ventaja competitiva duradera es el conocimiento*” (Nonaka et al 1999)

La “*habilidad de la firma para identificar, asimilar y explotar el conocimiento desde el ambiente*” constituye su **capacidad de absorción** (Cohen y Levinthal 1989).

Los procesos de aprendizaje están orientados desde una **trayectoria tecnológica** específica de la organización, la cual se define como “*el patrón de la actividad “normal” de resolución de problemas (por ejemplo, de progreso) en base a un paradigma tecnológico*”². (Dosi, 1982). Esta trayectoria depende del paradigma tecnológico vigente, el cual concentra los esfuerzos e imaginación tecnológica de los ingenieros en direcciones precisas (Dosi, 1982)

La adopción de una innovación frecuentemente, requiere de un “*conjunto organizado de conocimientos de distintas clases (científicos, técnicos, empíricos, etc.), proveniente de diversas fuentes (descubrimientos científicos, otras tecnologías, libros, revistas, manuales, patentes, especificaciones, normas, etc.), y obtenido mediante diferentes métodos (investigación, desarrollo, adaptación, copia, espionaje, consulta a expertos, etc.), el cual es necesario para producir un bien o servicio*” (Waissbluth, M. et al, 1986). Este conjunto de conocimientos se conoce como **paquete tecnológico**.

Ernst y Lundvall (1997) distinguen dos componentes del conocimiento tecnológico. El primer componente comprende todos los ítems **codificables** (incluye el conocimiento explícito) tales como manuales, diseños, conocimiento científico, guías, especificaciones de performance, especificaciones de materiales, normas de aseguramiento de la calidad, métodos organizacionales. El segundo componente es **tácito** y específico de la firma (conocimiento tácito). Está incorporado en las rutinas organizacionales, *expertise* colectivo, técnicas de producción específicas, investigación y desarrollo, equipos de marketing. Este segundo componente, a diferencia del primero, no puede ser intercambiado entre firmas y constituye una ventaja competitiva específica de la firma. Estos autores mencionan que “*el conocimiento tácito es tan importante o aún más importante que el conocimiento formal, codificado, estructurado y explícito.*”

La agricultura de precisión como innovación

² Paradigma tecnológico: modelo y patrón de resolución de problemas tecnológicos seleccionados, basado en principios seleccionados derivados de ciencias naturales y con materiales tecnológicos seleccionados.

En la Región Semiárida Pampeana Central (RSPC), dentro del sector agropecuario, conviven empresas con distinto grado de adopción de tecnología que invierten diferentes recursos en esfuerzos innovativos.

En una etapa incipiente de ese mismo proceso de difusión se encuentra hoy un conjunto de innovaciones reunidas bajo el nombre genérico de Agricultura de Precisión (AP). Este conjunto incluye banderilleros satelitales, monitores de rendimiento, monitores de siembra, equipos para aplicación de dosis variable de insumos, entre los más conocidos (Bragachini, M. y otros 2006a)

El desarrollo tecnológico de nuevas y mejores herramientas de AP encuentra a la Argentina en una posición privilegiada debido a la magnitud de su sector agropecuario, el cual se constituye en un demandante potencial de este tipo de tecnologías. Se han identificado algunos obstáculos (como el escaso relacionamiento de las masas críticas de software existentes en el país con el entorno agropecuario) que limitan el desarrollo endógeno de tecnologías de AP (Albornoz, 2006) ³.

Entre las innovaciones de la AP de mayor difusión en la Argentina se destacan: Banderillero Satelital (BS), Monitor de Rendimiento (MR) y Fertilización Variable (FV), las cuales son objeto del presente estudio (Cuadro 1).

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007*
Total de Monitores de Rendimiento	50	200	300	450	560	600	850	1300	1600	2500	3130
Monitores de Rendimiento con GPS	25	75	155	270	400	420	600	900	1300	2200	2750
Monitores de Rendimiento sin GPS	25	125	145	180	160	180	250	400	300	300	380
Dosis Variable sembradoras y fertilizadoras	3	4	5	6	10	12	25	40	130	500	700
Monitores de siembra	400	500	700	1000	1300	1500	1800	2200	3000	4200	5100
Banderillero Satelital en aviones	35	60	100	160	200	230	300	450	480	550	560
Banderillero Satelital en pulverizadoras	0	10	70	200	400	500	2000	3000	4000	5000	5800
Guía Automática	0	0	0	0	0	0	0	3	25	50	80
Sensores de N en tiempo real	0	0	2	2	4	5	6	7	7	12	15

³ Para mayor información de este aspecto, Albornoz (2006) realiza un análisis detallado del software asociado al sector agropecuario argentino.

Cuadro 1: Evolución de las ventas de algunas de las herramientas de AP en la Argentina
(Proyecto Agricultura de Precisión 2006.)

Difusión de la agricultura de precisión en la RSPC

Dentro del conjunto de innovaciones de la AP existen aquéllas como los banderilleros satelitales, que han sido ampliamente difundidas en la RSPC. Por otro lado, los monitores de rendimiento y los equipos de aplicación variable de fertilizantes no han sido adoptados en la misma proporción evidenciando la existencia de posibles limitantes a la adopción. Hasta el momento no existen estudios que analicen los motivos de la baja adopción relativa de estas innovaciones en la región.

A los fines de definir el objeto de estudio del presente trabajo se han seleccionado tres herramientas de la AP: 1) Banderilleros satelitales (BS), 2) Monitores de rendimiento (MR) y 3) Dosis Variable de Fertilizante (FV).

En el presente trabajo se analizarán algunos atributos de la innovación, de los adoptantes y del ambiente propuestos principalmente por Rogers (1995), los cuales son considerados de relevancia en relación con la dinámica de difusión de tres innovaciones de la Agricultura de Precisión⁴ en la Región Semiárida Pampeana Central⁵.

Los objetivos del trabajo son:

- Analizar el proceso de difusión de tres innovaciones de la Agricultura de Precisión (Banderillero Satelital, Monitor de Rendimiento y Fertilización Variable) en la Región Semiárida Pampeana Central.
- Identificar factores que estimulan ó retrasan la adopción.
- Aportar evidencia empírica que contribuya a la elaboración de estrategias de intervención futuras.

Las hipótesis que se plantean son:

- 1) Existe un gradiente de complejidad en la adopción de Fertilización Variable (alta), Monitores de Rendimiento (media) y Banderillero Satelital (baja).

⁴ La Agricultura de Precisión (AP) se define como el “manejo de la variabilidad espacial y temporal a nivel de sub-parcela para mejorar el retorno económico y reducir el impacto ambiental” (Fountas et al. 2003)

⁵ La región semiárida pampeana central comprende principalmente la Provincia de La Pampa. Oeste de Buenos Aires, Sur de Córdoba y Sur de San Luis.

- 2) Los beneficios y costos de adopción de BS se encuentran ubicados en la misma unidad (individuo/organización), mientras que en MR y FV involucran a más de un actor.
- 3) La dinámica de adopción del banderillero satelital depende principalmente de un actor (contratista) mientras que la correspondiente a monitores de rendimiento y fertilización variable depende al menos de dos actores (contratista y productor).
- 4) La actividad de promotores de innovaciones (agentes de cambio y líderes de opinión) permite explicar diferentes tasas de difusión de innovaciones entre zonas de similar productividad, dentro de la misma Región Semiárida Pampeana Central.

METODOLOGÍA

El enfoque utilizado en este estudio es de tipo dual, incluyendo estrategias metodológicas cualitativas y cuantitativas. Esta elección busca utilizar los instrumentos necesarios para lograr los objetivos planteados independientemente de la disyuntiva entre enfoques de tipo cualitativos y cuantitativos. El uso adecuado de ambas metodologías permite identificar los rasgos centrales de los procesos de adopción que se intentan estudiar.

Se realizó un análisis documental relevando toda la información secundaria. Entre las fuentes se destacan: Proyecto Agricultura de Precisión de INTA Manfredi, Censo 2002, Relevamiento Provincial de Servicios Agropecuarios (Buenos Aires 2002), Diarios, revistas, Publicaciones Proyecto AgroRadar de INTA Anguil, Información de los Proveedores, de Organizaciones no Gubernamentales, etc.

Se realizaron 14 entrevistas semi-estructuradas a informantes clave entre diciembre de 2006 y febrero de 2007. La selección de los informantes se realizó siguiendo una combinación de muestreo teórico (Glaser B. G. and Strauss A.L. 1967) y por bola de nieve (Goodman L. 1961). El primer método permitió la recolección de datos de diferentes fuentes y distintas miradas sobre el mismo objeto de estudio. Es un método adecuado en etapas tempranas de desarrollo de teoría donde la información sobre el fenómeno a estudiar es escasa. El segundo método permite el incremento rápido de la muestra siguiendo las redes de relaciones o canales de referencia de los actores involucrados. Por otro lado, chequea la adecuada selección de informantes clave cuando son sugeridos por más de un entrevistado. Este método tiene grandes ventajas en situaciones donde los adoptantes de innovaciones se encuentran en una etapa inicial del proceso de adopción, facilitando su identificación.

Las entrevistas incluyeron proveedores de equipos de AP, asesores agronómicos, contratistas, pooles de siembra, prestadores de servicios especializados en AP, adoptantes, no adoptantes ⁶. El método de identificación de informante clave utilizado tiene sus limitaciones en situaciones donde las redes de relaciones locales son débiles en beneficio de las redes extra-regionales. En esos casos es posible no lograr identificar adoptantes locales que podrían hacer aportes adicionales al presente estudio.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos surgen del análisis de las entrevistas a distintos actores (productores, asesores, contrastistas, proveedores, prestadores de servicios, etc) desde el marco teórico precedente y la información disponible. Por consiguiente, es producto de la conjunción de información de tipo primaria y secundaria desde el enfoque teórico analítico de los autores seleccionados.

1) Atributos de las innovaciones

1.a) Ventaja relativa. Beneficios de la adopción de BS, MR y FV

El BS ha sido una de las innovaciones más velozmente adoptada masivamente. Uno de los atributos que permite explicar parte de esta dinámica es su ventaja relativa.

El sistema de BS reemplaza a dos sistemas de guía utilizados previamente: el Banderillero Humano y los Marcadores de Espuma.

El surgimiento del BS vino a solucionar un problema operativo y social debido a los riesgos derivados del trabajo a la intemperie en cercanía de agroquímicos y la frecuente informalidad de las personas que se desempeñaban como banderilleros.

Adicionalmente, el BS posee la ventaja de aumentar la capacidad de trabajo, al permitir trabajar en condiciones donde el marcador de espuma no funciona en forma óptima (condiciones de altas temperaturas, viento, alto volumen de rastrojo), o bien, donde el banderillero humano requiere más personal o es engorroso (lotes largos con ondonadas que no permiten visualizar al banderillero humano en el extremo del lote)

Otra ventaja muy importante es la posibilidad de trabajo en condiciones de oscuridad o baja visibilidad ⁷.

⁶ En el caso de BS no se entrevistó a no adoptantes por no detectar en la región representantes de ese grupo.

⁷ Condiciones de baja humedad y/o viento durante el día que no permitían la realización de pulverizaciones efectivas, podían ser soslayadas trabajando durante la noche si las condiciones mejoraban (Frecuentemente la humedad relativa aumenta durante la noche).

Los beneficios de la adopción de BS son apropiados mayoritariamente por quien realiza la inversión mientras que en el caso de MR y FV están situados en un tercero.

La principal ventaja del uso de MR radica en que permite el registro de información georeferenciada, con detalle de la variabilidad entre zonas y años dentro de un lote. Esto sirve de insumo para entender mejor los sistemas de producción y mejorar su manejo. Esta ventaja es atractiva para el productor agropecuario. Para el contratista, quien interviene solamente en la etapa final del proceso productivo primario, el mayor conocimiento de cómo manejar recursos más eficientemente en etapas previas a la cosecha, no constituye una ventaja o beneficio. El uso de MR tampoco le permite una mejora económica por incremento de eficiencia en la cosecha. Paradójicamente, el contratista es quien realiza la inversión de adopción.

Existen incentivos diferentes en la predisposición a utilizar MR entre estos dos actores que deben ser superados para concretar el proceso de adopción. Esta situación particular dio origen a innovaciones financieras, especialmente en el caso de MR, que facilitan los procesos de adopción. Estas *innovaciones financieras* se registran cuando grandes productores y pooles de siembra, convencidos de las ventajas de contar con los mapas de rendimiento de sus lotes de producción, financian la compra de monitores de rendimiento a sus contratistas. La forma específica en que se sustancia este convenio es variable: créditos a pagar en dos campañas, trueque por trabajo futuro, etc.

La mayor demanda del servicio de cosecha con MR proviene de productores grandes y pooles de siembra ⁸. De acuerdo al Censo 2002 (INDEC) el 17% de los productores, quienes disponen de más de 1000 ha, trabajan el 62 % de la superficie de los departamentos del este de La Pampa. Por esta razón, la principal ventaja que observan los contratistas para la adopción es contar con un servicio diferenciado que permita captar (o mantener) a estos clientes predilectos y aumentar (o mantener) la superficie trabajada.

En el caso de la FV sucede una situación semejante a la descrita para MR, con la diferencia que el mercado de fertilización líquida (hectáreas totales aplicadas) es de menor magnitud en la actualidad, y no todas las empresas de pulverización están dispuestas a trabajar en fertilización líquida por problemas de logística de fertilizantes y de mayor desgaste por corrosión de la maquinaria.

La principal ventaja del uso de FV radica en la mayor eficiencia en el uso de fertilizantes, que permite reducir costos a nivel del productor primario. Es decir, permite un mejor ajuste entre la necesidad real de fertilización y la práctica de aplicación de fertilizante en cada punto de un

⁸ Este aspecto será analizado en mayor detalle como un atributo de los adoptantes.

lote, lo que se traduce en un ahorro de costos. Esta ventaja, en forma similar a lo descrito para MR, no representa un beneficio directo para el contratista, quien realiza la inversión en equipamiento para FV.

Las diferencias en los incentivos entre actores (contratista y productor) en relación a la FV, suele superarse a través de un plus en el precio de contratación del servicio.

En forma similar al caso de MR, a nivel de contratista, la ventaja de la adopción de FV radica en la posibilidad de mantener y/o incrementar la superficie trabajada, especialmente en la categoría de clientes de mayor superficie.

A modo de síntesis se presenta el cuadro 2 de ventajas relativas para diferentes actores.

Cuadro 2: Ventajas relativas

Innovación	Ventaja para el Productor Primario	Ventaja para el Contratista	¿Quién se apropia de los beneficios mayores?	¿Quién realiza la inversión?
BS	Incremento de precisión dependiente del método previo	Importante mejora operativa, social y económica	Contratista	Contratista
MR	Obtención de información geo-referenciada para toma de decisiones	Servicio diferencial aumenta posibilidad de mayor trabajo. Atención de un nicho de mercado particular**	Productor	Contratista*
FV	Eficiencia en el uso de insumos	Atención de un nicho de mercado particular**	Productor	Contratista

Obs.: *Como se mencionó anteriormente, esta situación particular generó innovaciones financieras.

** Grandes productores y pooles de siembra (ver punto “Tamaño de la firma”)

1.b) Compatibilidad de las innovaciones con la operatoria de trabajo habitual

Las ventajas derivadas del uso de BS, no sólo son compatibles con la operatoria normal del trabajo sino que lo facilitan y aumentan la capacidad operativa ⁹.

En forma similar, el uso de MR no modifica sustancialmente la operatoria rutinaria de trabajo. Agrega simplemente la calibración de los equipos con una pérdida de capacidad de trabajo casi insignificante (máximo de 10-15 minutos una calibración), contando con la balanza cercana.

Para la calibración de los MR es recomendable contar con carro tolva con balanza (o similar), ya que esto permite independizarse de la infraestructura del campo del cliente. Cuando no se dispone de balanza cercana al lote o en los carros tolva, la calibración requiere más tiempo y puede generar una pérdida de capacidad operativa importante.

Las pérdidas de capacidad operativa originadas en el uso de FV derivan de fallas en la logística general (falta de archivo de prescripción al momento de iniciar la aplicación, ausencia de estimación de la cantidad de fertilizante requerida o errores en la misma) y dificultad para coordinar la disponibilidad de fertilizantes líquidos.

Dependiendo del equipo utilizado, puede agregarse la necesidad de trabajar a menor velocidad. En 2007 se presentaron en el mercado de maquinaria argentino algunos equipos que permitieron resolver esta pérdida de eficiencia.

Las pérdidas de capacidad operativa en FV son más importantes por lo que, a diferencia de MR, es más común el pago de una tarifa diferencial ¹⁰. La tarifa adicional por mapeo de rendimiento, si bien existe, es más heterogénea ya que interviene en la negociación contratista/productor propia de la actividad de cosecha ¹¹.

Mientras que en el caso de MR el procesamiento de la información es un trabajo posterior a la operatoria de cosecha, en la FV, el procesamiento de la misma es previo. Quien realiza la FV, debe contar con la prescripción en formato electrónico antes de comenzar el trabajo y con la estimación de necesidad de fertilizante. Este cálculo no es posible hacerlo in situ con la precisión necesaria.

1.c) Complejidad para utilizar las innovaciones

⁹ El enfoque de Compatibilidad propuesto por Rogers es más amplio que el utilizado en la presente tesis ya que intervienen valores, costumbres, etc. El presente análisis se aboca sólo a los cambios en la operatoria habitual de trabajo.

¹⁰ Se han informado adicionales desde el 20 al 100 % de aumento en relación a la aplicación a dosis fija.

¹¹ La tarifa de la actividad de cosecha siempre está sujeta a negociación ya que está relacionada al rinde que se obtiene de los cultivos, que se conoce en forma ex-post y a la calidad de la operatoria de cosecha (trilla bien hecha en tiempo y forma).

Es difícil comparar la complejidad de aprendizaje del uso de BS, MR y FV para nuevos usuarios por la multiplicidad de factores que influyen.

A modo general, los entrevistados (usuarios actuales y potenciales, proveedores, etc.) consideran que con las capacidades de recursos humanos (operarios) con que se dispone, y con una capacitación adecuada, las innovaciones serían factibles de ser utilizadas sin mayores dificultades. Sin embargo, existen casos aislados en los que los operarios no se adaptan (o se considera que no podrían adaptarse) a las innovaciones.

El BS surge como paso posterior a la adopción masiva de computadora de pulverización. De esta forma, el aprendizaje previo determina un incremento de la base de conocimiento y acumulatividad (Malerva y Orsenigo, 1993) y en las capacidades de absorción (Cohen y Levinthal, 1989) que facilitan la adopción de BS. La adopción de BS se incorpora a la misma trayectoria tecnológica (Dosi, 1982) donde se produjo previamente la adopción de la computadora de pulverización.

Las posibles diferencias en la facilidad de interacción usuario/equipo entre innovaciones deben ser observadas en relación con los años desde la aparición en el mercado, especialmente cuando en las dos primeras innovaciones se mencionan mejoras incrementales en los últimos años en ese sentido.

La relativa baja complejidad en la operación para las tres innovaciones manifestada por los entrevistados no significa que cualquier individuo es capaz, con ciertas instrucciones, de operar este tipo de equipos. Se requieren conocimientos tácitos de mayor dificultad para su transmisión (Ernst y Lundvall, 1997), que se alcanzan luego de realizar experiencias prácticas concretas. Esto se manifiesta con BS cuando se requieren relevos de personal por enfermedad, donde las dificultades para conseguir personal capacitado se incrementan en relación a los sistemas previos. El aprendizaje formal, codificado, es relativamente simple en el caso del BS.

Por otro lado, en el caso de MR existe contradicción entre el tiempo requerido de capacitación para MR (1-2 días incluyendo instalación), la facilidad de operación mencionada por proveedores y adoptantes, y el bajo porcentaje de resultados satisfactorios en la primer campaña, que estarían indicando aspectos de la operación de la tecnología que no son fácilmente codificables y por lo tanto transmisibles en el proceso de capacitación (Ernst y Lundvall, 1997).

La existencia de MR trabajando en condiciones de falta de calibración o sin GPS, implica un claro proceso de technology push (Rosenberg, 1982). Es decir, un proceso de generación de

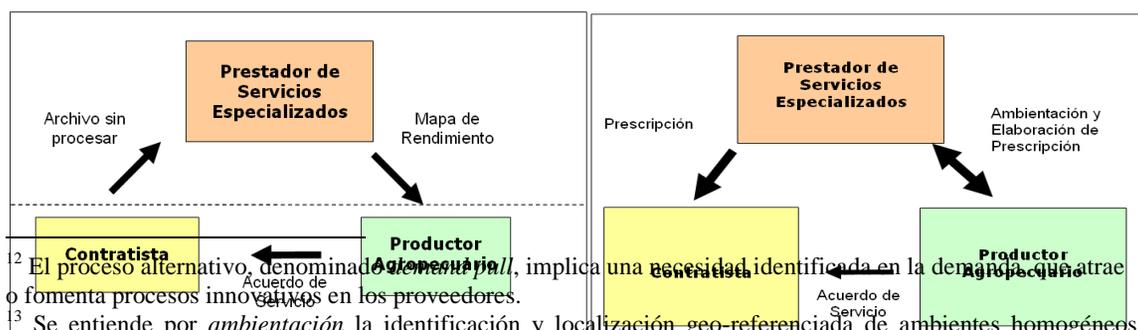
innovaciones desde los proveedores, quienes actúan sobre los usuarios fomentando la adopción.¹²

Mientras que el uso de BS y MR requiere solamente del conocimiento codificado del equipo y su manejo, más el conocimiento tácito adquirido a través de la experiencia; el uso de FV requiere, además de éstos, un trabajo técnico agronómico de *ambientación*¹³ y de elaboración de *prescripción* que requiere el uso de softwares específicos (Farm Works, SMS, Farm Scan, Field Star, J Office, CASE, CLAAS) o paquetes generales más complejos como los sistemas de información geográficos (Arc View, Erdas, Envi, etc.). Esto insume importantes esfuerzos de aprendizaje por parte de los principales beneficiarios de la innovación. Lo anterior evidencia distintas dimensiones del paquete tecnológico (Waissbluth, M. et al, 1986) entre las tres innovaciones.

La percepción de complejidad de los softwares disponibles ha implicado un obstáculo para la realización de este tipo de actividades dentro de la empresa agropecuaria y/o empresa contratista generando la tercerización del procesamiento de información geo-referenciada en una nueva figura denominada “prestadores de servicios especializados”.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, en la figura 10 se grafica la interrelación y el flujo de información entre actores para la adopción de las 3 innovaciones.

Fig.10: Relaciones entre actores en la adopción de diferentes innovaciones de la AP



¹² El proceso alternativo, denominado *Agropecuario*, implica una necesidad identificada en la demanda que atrae o fomenta procesos innovativos en los proveedores.

¹³ Se entiende por *ambientación* la identificación y localización geo-referenciada de ambientes homogéneos dentro de un lote, que posibilita operativa y técnicamente el uso de paquetes tecnológicos diferenciados en cada uno. La *prescripción* consiste en un mapa georeferenciado de áreas de manejo distinto.

a) Flujo de información en el trabajo con MR El sector inferior a la línea punteada indica

b) Flujo de información en el trabajo con FV

En el caso de FV, a diferencia de las otras dos innovaciones, se aprecia un vacío de información y una demanda de generación criterios agronómicos de ajuste de los paquetes tecnológicos para cada uno de los ambientes dentro de un lote. De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que existen sectores del paquete tecnológico asociado a FV, que no están disponibles para los adoptantes (Waissbluth, M. et al, 1986). Ante la ausencia de criterios adaptados localmente, los innovadores utilizan criterios desarrollados para otras tecnologías, generando una base de experiencias propias, con diverso nivel de estructuración. Esto genera actividades de ensayos que cumplen una importante función en la disminución de incertidumbre y mejoran las condiciones favorables a la adopción para posteriores adoptantes, coincidiendo con Marra et al (2002).

En MR y FV se da una falta de compatibilidad completa de diferentes marcas y softwares en relación al resto del mercado que constituye un problema operativo en algunos casos.

Para bajar la información desde la tarjeta de memoria (inserta en el monitor de rendimiento) a la computadora personal, es necesario indefectiblemente el software específico de la empresa proveedora del equipo. Luego se convierte a un formato estandar (generalmente “shp”), compatible con la mayoría de los softwares. Posteriormente se trabaja con el software de uso cotidiano (que depende de la elección individual de cada caso)

Este problema de interacción de marcas y softwares es propio de quienes procesan la información.

1.d) Facilidad de Experimentación

Las tres innovaciones objeto de estudio son incorporadas en equipos que no son divisibles, por lo que no es posible realizar experimentación en pequeña escala. Esta situación,

desfavorable al proceso de adopción, es contrarrestada por las características de alta observabilidad.

1.e) Observabilidad de las Innovaciones

Las tres innovaciones tienen características similares en cuanto a la facilidad de observación por parte de terceros.

En todos los casos, la adopción de innovaciones se da mayoritariamente a nivel de contratistas, quienes por su actividad ambulante sirven de vehículo de difusión de tecnología.

En MR y FV se han reportado casos de reticencia a brindar información relacionada al manejo de datos. Estas actitudes empresariales, propias de otras actividades comerciales, no son comúnmente observadas a nivel de los productores agropecuarios, quienes se han caracterizado por la actitud contraria (predisposición a compartir información).

A nivel de los prestadores de servicios especializados también se observa en casos aislados cierta reticencia a brindar información relacionada al conocimiento de tipo know how ¹⁴.

Se debe tener en cuenta que el nivel de percepción de complejidad del procesamiento de la información geo-referenciada es el puntapié inicial en la conformación de la demanda hacia los prestadores de servicios especializados.

Las actitudes mencionadas anteriormente intentan aumentar la apropiabilidad (Malerva y Orsenigo, 1993) de algunos sectores del paquete tecnológico (Waissbluth, M. et al, 1986) dificultando el proceso de difusión de innovaciones (Rogers, 1995). Sin embargo, las características de baja apropiabilidad de dichos sectores, producirán seguramente externalidades.

2) Atributos de los adoptantes y adopción de agricultura de precisión

2.a) Categorías de adoptantes y adopción de AP

El BS se encuentra en la etapa de adopción masiva, donde es difícil encontrar equipos autopropulsados que no dispongan de esta tecnología. Al momento del trabajo de campo, los posibles nuevos adoptantes no detectados en el relevamiento pertenecerían a la categoría de rezagados (Rogers 1995).

No se dispone de datos cuantitativos del porcentaje de adopción de MR a nivel de la región de estudio, aunque estimaciones derivadas de las entrevistas dan cuenta de un porcentaje de adopción entre el 10-20 % en el Oeste de Bs As. En La Pampa, se estima un porcentaje

¹⁴ Esta reticencia, se observa (a modo de ejemplo) en la escueta descripción metodológica observada en informes de trabajos contratados.

menor. De acuerdo a lo anterior, estaríamos en la etapa de adopción por parte de los adoptantes tempranos (Rogers, 1995) en el oeste de Buenos Aires y de los innovadores en La Provincia de La Pampa.

En el caso de FV, la cantidad de adoptantes en La Pampa relevada al momento del estudio indica la existencia de menos de 20 productores¹⁵ que realizaron o están en proceso concreto de realizar experiencias de FV. Esto indicaría que la categoría innovadores está en proceso de adopción de FV.

En el cuadro 3 se compara la situación actual de difusión de las tres innovaciones en dos zonas de la RSPC de similar aptitud agroecológica, en base a la información relevada de las entrevistas.

Varios de los entrevistados fueron innovadores o primeros adoptantes (o asesores de éstos) en la incorporación de alguna innovación precedente, que no es objeto de este trabajo. Por otro lado, distintos entrevistados mencionan una diferente predisposición de terceros a la adopción de tecnología. Esto permite pensar que la categorización de adoptantes en base a innovatividad propuesta por Rogers (1995) sería un carácter relativamente estable.

Cuadro 3 : Categorías de adoptantes en proceso de adopción de tres innovaciones de la AP en dos zonas de la RSPC de similar productividad.

Innovación	Porcentaje de adopción	Categoría de adoptantes actual	Año de adopción por Innovadores	
			Oeste de Buenos Aires	Noreste de La Pampa
Banderillero	Alto	Rezagados	1998	1998

¹⁵ El relevamiento del porcentaje de adopción no es un objetivo de la presente tesis. Las estimaciones realizadas tienen la finalidad de situar al lector en el momento de la curva de adopción en que se realiza el presente estudio, ya que esto determina diferencias en el nivel de incertidumbre acerca de las innovaciones .

Satelital				
Monitor de Rendimiento	Bajo	Adoptantes tempranos	2002/03	2006
Fertilización Variable	Incipiente	Innovadores	2006	2007

2.b) Capacidades de absorción y adopción de AP

El nivel educativo es frecuentemente utilizado como indicador de las capacidades de absorción.

La técnica utilizada en la selección de entrevistas (bola de nieve), llevó a una muestra de entrevistados con fuerte sesgo hacia profesionales, mayoritariamente ingenieros agrónomos. Esto podría indicar que el nivel de conocimientos (especialmente de tipo agronómico) predispone favorablemente a la adopción de tecnologías de AP.

El ejercicio repetido de adopción de innovaciones genera aprendizajes con incremento de conocimiento codificable (Ej.: formación en temas técnicos específicos) y tácito (Ej.: identificación de oportunidades de adopción, identificación del momento óptimo de adopción, etc.) a diferentes niveles (gerencial y operativo), que incrementa la base de conocimiento (Cohen y Levinthal, 1989, Malerva y Orsenigo, 1993).

La trayectoria tecnológica previa (Dosi, 1982), supone una acumulatividad (Malerva y Orsenigo, 1993) que influye sobre la predisposición a la adopción.

En el caso de BS, el contacto de operarios con equipos informáticos (computadora de pulverización) facilita la incorporación de nuevos equipos afines a la mismas disciplinas como el BS. El uso de BS implica no sólo incorporación de conocimientos codificados acerca del funcionamiento del equipo sino también de conocimientos tácitos:

El uso de MR y FV responde a una trayectoria tecnológica de los adoptantes (Dosi, 1982). La decisión de adopción implica un manejo agronómico previo eficiente. No se da en una situación de grandes saltos tecnológicos, sino en una situación progresiva de incorporación de tecnología, con sucesivos aprendizajes (Cohen y Levinthal, 1989) . La adopción saltando los escalones tecnológicos previos no fue observada en la región. Este proceso de adopción pondría en riesgo el aprovechamiento de las ventajas relativas derivadas de las innovaciones.

2.c) Factores organizacionales y adopción de AP

Otra característica destacada de los innovadores y primeros adoptantes es su historia de participación activa y/o existencia de vínculos con distintas instituciones. Durante el desarrollo de entrevistas se mencionaron vínculos con INTA¹⁶, CREA, Facultad de Agronomía de la UBA y AAPRESID, entre otras.

El nivel de integración a las organizaciones es diverso, desde miembros activos a ex integrantes u observadores externos. No obstante esto, los vínculos se mantienen y acumulan.

2.d) Tamaño de la Firma y Adopción de AP

Uno de los aspectos más contundentes en la literatura de difusión de innovaciones es la relación entre el tamaño de la firma y la adopción de innovaciones, especialmente en innovaciones capital intensivas (Rogers, 1995) De acuerdo con estos antecedentes, a mayor tamaño de la firma, mayor sería la adopción de tecnología.

Este aspecto fue corroborado en las entrevistas relacionadas con BS en etapas tempranas de difusión. Actualmente, las grandes ventajas relativas asociadas a la adopción de BS mencionadas anteriormente y su adopción masiva, hacen que la escala, medida por la cantidad de pulverizadoras que dispone la empresa prestadora de servicios, no influya en forma importante en la decisión de adopción.

Cuando se estudia la asociación entre tamaño de la firma y la adopción de innovaciones a nivel de MR y FV sucede algo particular y distinto. En estos casos se confirma una fuerte influencia positiva del incremento del tamaño pero en un actor diferente: el demandante de servicios agropecuarios, es decir, a nivel de productor primario. Cuando se analiza a nivel de contratista (adoptante), que es quien incorpora la innovación en sus equipos, el tamaño (número de empleados, número de equipos, etc.) no muestra una tendencia clara. La escala de los clientes del contratista es más importante que la escala propia del mismo en la adopción.

2.e) Edad y Adopción de AP

La edad del adoptante no es un aspecto resaltado en la mayor parte de las entrevistas, pero es mencionada por más de un entrevistado como influyente en la adopción.

Nuevos estudios en profundidad serían necesarios para clarificar este punto.

¹⁶ En este caso se menciona tanto a la EEA INTA Anguil y sus técnicos como a otras EEAs.

3) Atributos del ambiente

3.a) Situación económica general y adopción de AP

El contexto económico influye sobre el desarrollo del proceso de adopción en forma importante, especialmente en países con grandes oscilaciones como la Argentina.

La posición económica de la empresa adoptante es considerada como buena a muy buena para la mayoría de los casos, aunque existen excepciones. Por otro lado, luego de la devaluación se observó un incremento importante de venta de equipos reafirmado por diferentes fuentes.

Estos resultados coinciden con Rogers (1995), quien menciona una mayor predisposición a la adopción por parte de empresas que poseen mayores recursos económicos que les permiten sobrellevar posibles resultados insatisfactorios originados en la adopción de innovaciones.

3.b) Incertidumbre y mejoras incrementales en la adopción de AP

A medida que una innovación se difunde, muchos aspectos en situación de incertidumbre son minimizados (Geroski, 2000; Rogers, 1995; Marra et al. 2002) Rogers (1995) menciona que los adoptantes tempranos, quienes requieren de menores estímulos para la adopción, actúan disminuyendo la incertidumbre asociada a la innovación y establecen relaciones interpersonales con adoptantes posteriores, facilitando la difusión.

Una alta tasa de mejora de las innovaciones indicaría una situación de mayor incertidumbre, ya que los equipos tienden a ser tecnológicamente obsoletos en corto tiempo, estimulando a los adoptantes potenciales a esperar antes de adoptar.

Los BS y MR no han presentado innovaciones radicales en los últimos años. En ambos casos los principales cambios han constituido mejoras incrementales (cambios menores) tendientes a mejorar la interacción del equipo con el usuario, sumando a la vez algunas funciones.

En MR se menciona el aumento de simplicidad, aumento de funciones y equiparación del número de sensores (de rendimiento, de humedad y de velocidad) entre marcas líderes del mercado y seguidores.

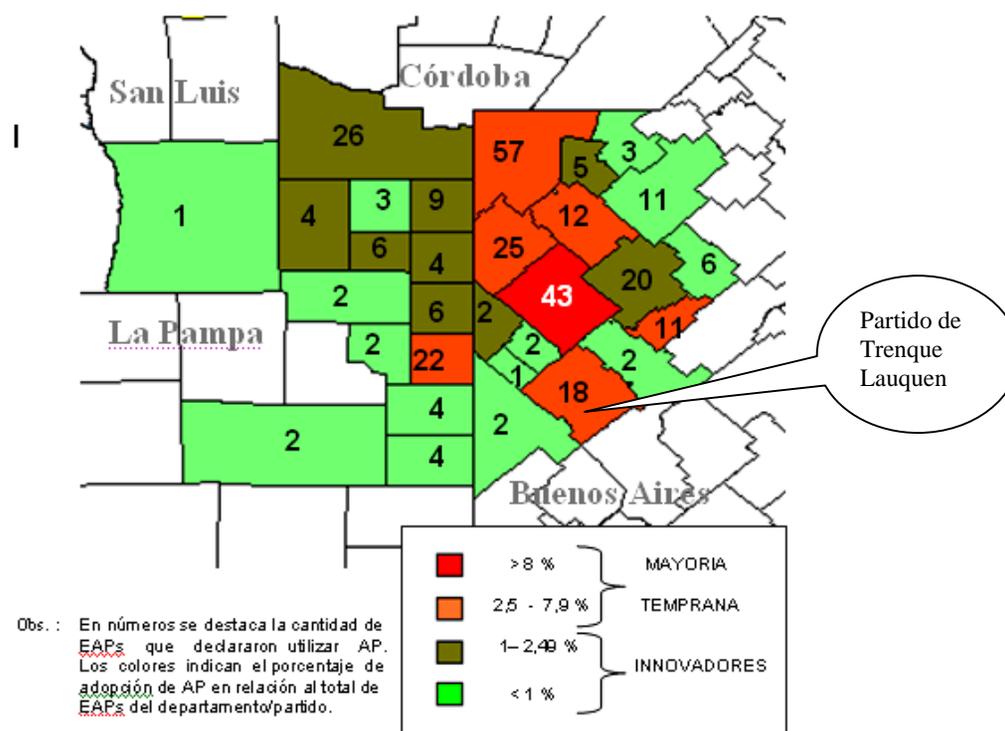
En lo concerniente a FV líquida, las mejoras en los últimos años han sido de magnitud, pasando de sistemas que requerían la incorporación de una computadora adicional (generalmente palm¹⁷) a la integración en la computadora de pulverización de la máquina. La evolución se encamina hacia la unificación del sistema en una sola computadora que realiza la dosificación estándar y permite asimismo la aplicación variable y mapeo de aplicación.

¹⁷ Palm: computadora de mano

De la experiencia de un innovador entrevistado (primer adoptante de FV en La Pampa identificado) surge que la sola condición de ser el primero no es suficiente para obtener beneficios de las innovaciones. Esta situación coincide con Rogers (1995), quien manifiesta que los innovadores realizan la adopción en etapas tempranas del desarrollo de tecnología y no siempre obtienen beneficios de la innovación, y destaca el papel fundamental de esta categoría de adoptantes en la introducción de nuevas tecnologías en el sistema social.

3.d) Existencia de promotores de innovaciones

El censo 2002 indica que en el partido de Trenque Lauquen el 9,5 % de las EAPs utilizaban AP (BS predominantemente), lo que constituye el valor porcentual más alto del total de partidos/departamentos¹⁸ de la región de estudio (fig. 11)



¹⁸ La Pampa y Córdoba se dividen en departamentos y Buenos Aires en partidos.

Fig. 11.: Adopción de AP (BS) en la Región Semiárida Pampeana Central

(Fuente: Elaboración propia en base a Censo Nacional Agropecuario 2002, INDEC)

Por otro lado, una mayor oferta de servicios asociados a la AP se observa en la misma zona. La influencia de grupos humanos que realizan esfuerzos innovativos provoca externalidades sobre el entorno siguiendo las redes de relaciones existentes. Los principales referentes a nivel nacional en temas relacionados a la aplicación práctica de la AP identificados al momento de la realización del trabajo son mencionados en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Principales referentes en AP

Referente	Grupo	Comienzo de líneas de trabajo en AP	Localización	Influencia principal	Influencia en el área de estudio
INTA Manfredi Proyecto AP	Bragachini, Méndez y otros	1996	Manfredi, Córdoba	Todo el país	Toda
CREA Henderson -Daireaux	Grupo CREA	2003	Henderson, Provincia de Bs As	- CREA - Zona oeste de Bs As	Oeste de Bs As.
Facultad de Agronomía de la UBA	Cátedra de Cerealicultura (Satorre E. y otros)	2003	Ciudad de Bs As	CREA, AAPRESID, grandes pooles de siembra.	Oeste de Bs As y en menor medida en LP.
INTA Castelar Instituto de	Hilbert y otros	2001	Castelar Bs As	Idem UBA	Ejerce influencia por acciones conjuntas

Ingeniería Rural					con el equipo de la UBA
INTA Paraná	Melchiori R.*	2000	Paraná, Entre Ríos	Todo el país	Oeste de Buenos Aires
Proveedores	D&E, Sylcomp, CLAAS, John Deere, CASE, AGCO, A.Cuffia, DiRocco/SIID, ARAG	Variable	Mayoritariamente Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe	Todo el País	Toda el área**

Obs.: * Este referente se destaca en sensores aplicados a fertilización variable

** En relación a la importancia de los proveedores como agentes de cambio se observan importantes variaciones entre empresas en la RSPC.

El partido de Trenque Lauquen es sede de una pyme proveedora de BS, la cual cuenta con 20 años de trayectoria y el desarrollo de los primeros banderilleros satelitales autónomos¹⁹ a nivel nacional. Por otro lado, el grupo CREA Henderson-Daireaux ejerce una importante influencia regional y cuenta con la más antigua experiencia a nivel regional en agricultura de precisión e importantes vinculaciones institucionales que generan externalidades hacia otros CREA cercanos y productores agropecuarios de la zona.

Estos dos referentes podrían explicar, al menos parcialmente, las diferente evolución tecnológica de ambas zonas (noreste de LP y oeste de Bs. As.).

¹⁹ Hasta el lanzamiento de estos productos, los banderilleros satelitales del mercado requerían el pago de un canon por el uso del sistema de corrección externo. El desarrollo de este tipo de banderilleros significó un abaratamiento sustancial del costo de adopción de BS y un cambio en la estructura del mercado que pasó orientarse desde la venta de señal correctora a la orientación hacia las prestaciones propias de los equipos.

CONCLUSIONES

El presente trabajo se propuso analizar los procesos de difusión de tres innovaciones de la AP en la RSPC, identificar los factores que favorecen y retrasan cada uno de los respectivos procesos, y generar evidencia empírica que sirva de base para la elaboración de estrategias de intervención.

Algunos atributos de las innovaciones son similares para BS, MR y FV, como la compatibilidad con la rutina de trabajo actual, la facilidad de experimentación y la facilidad de observación por parte de terceros.

El uso de BS requiere de conocimiento tácito y codificado acerca de la operación práctica de la innovación mientras que el uso de MR requiere además un procesamiento de información posterior. La FV requiere un análisis de datos previo y más intensivo, por cuanto no sólo intenta conocer la variabilidad presente en el campo (como sucede en MR) sino que intenta manejarla. Para esto, requiere la integración de toda la información previa en un soporte que permita su análisis, el desarrollo de criterios de manejo apropiado y un sistema posterior de evaluación de resultados.

Las fuentes de información para realizar la ambientación y prescripción en FV son principalmente los mapas de rendimiento e imágenes satelitales, por lo que la mayoría de los productores que solicitan servicios de FV han trabajado con datos de MR previamente. La adopción de MR se considera un paso previo, y de menor complejidad, a la adopción de la FV.

Las diferencias en complejidad entre las innovaciones implican distintas necesidades de recursos humanos capacitados, especialmente en el procesamiento de información georeferenciada y en la interpretación agronómica. Esta mayor complejidad ha generado la conformación de un nuevo actor intermediario denominado *prestador de servicios especializados*. Este actor realiza actividades asociadas al manejo de información georeferenciada (confección de mapas de rendimiento, determinación de ambientes homogéneos, etc.) y cuenta con habilidades distintivas de procesamiento de información a través de sistemas de información geográficos.

La tendencia a la intermediación se podría consolidar fortaleciendo la figura del prestador de servicios especializados, ó bien revertirse. En este último caso, se requiere el desarrollo futuro

de softwares que sean suficientemente sencillos como para ser utilizados por los productores agropecuarios, sus asesores y/o prestadores de servicios agropecuarios (contratistas) ²⁰.

En la adopción de BS, los costos y principales beneficios de la adopción recaen en la misma figura del adoptante (el contratista), generando un rápido proceso de difusión. Este proceso se explica principalmente a partir de su importante ventaja relativa y observabilidad.

En los procesos de difusión de MR y FV, las ventajas asociadas al uso de la nueva tecnología son apropiadas en mayor grado por el productor agropecuario (cliente del adoptante) mientras que la adopción se produce a nivel del contratista (adoptante). Esta situación particular genera un ambiente propicio para la generación de innovaciones financieras involucrando ambos actores. En el caso de FV, las diferencias de intereses entre actores se soslayan a través de un costo adicional del servicio.

El presente estudio confirma la influencia de algunos atributos propuestos por Rogers (1995) en relación a características de los adoptantes, de la innovación y del ambiente sobre el proceso de adopción de innovaciones de AP en la RSPC.

La existencia de promotores de innovaciones (líderes de opinión y agentes de cambio) permite explicar la diferente evolución en las trayectorias tecnológicas entre zonas de similar productividad dentro de la misma RSPC.

BIBLIOGRAFIA

- a) Albornoz, M. Arber, G., Alfaraz, C. Barrere, R. Matas L. y Papa J. 2003. El estado de la Ciencia, Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos. Red Iberoamericana de Indicadores.
- b) Baptista Rui. 2001. Geographical Clusters and Innovation Difussion. Technological Forecasting and Social Change 66, 31-46. Elsevier Science Inc. (North Holland)
- c) Bragachini M, Méndez, A. Proietti, F. Scaramuzza, F. 2006a . Cuadernillo de Información Técnica. 6º Curso Internacional de Agricultura de Precisión & 1º Expo de Máquinas Precisas. EEA Manfredi, INTA.
- d) Cohen W.M. and Levinthal D. 1989. Innovation and Learning: The two faces od R&D. In The Economic Journal, Vol 99 pp 569-596.
- e) Dosi G. 1982. Technological paradigms and technological trajectories. The determinants and directions of technical change and the transformation of the

²⁰ Los softwares específicos, están evolucionando en ese sentido. El nivel de complejidad en las últimas versiones ha disminuído. Inclusive existen algunos equipos que proveen mapas en tiempo real.

- economy. En Freeman C., Long Waves in the world economy, Londres Pinter Publishers cap 7.
- f) Ernst Dieter & Lundvall Bengt-Ake (1997). Information Technology in The Learning Economy – Challenges for Developing Countries. DRUID Working Paper No. 97 – 12.
- g) Geroski P.A. 2000. Models of technology diffusion. Research Policy 29. 603–625.
- h) Glaser B. G. y Strauss A.L. 1967. The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. Aldine Transaction.
- i) Goodman, L. A. (1961). “Snowball Sampling”, Annals of Mathematical Statistics, 32, 148-170.
- j) Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo Nacional Agropecuario 2002. http://www.indec.mecon.gov.ar/principal.asp?id_tema=494
- k) Malerva F. y Orsenigo, L. (1993) Technological Regimes and Firm Behavior. En Industrial and Corporate Change. Oxford University Press. Vol 2 No 1. pp 45-71.
- l) Marra M. Pannell D.J. and Ghadim A.A. 2003. The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on learning curve? Agricultural Systems 75 pp215-234.
- m) Nonaka, I and Takeuchi, H. 1999. La organización creadora de conocimiento. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación.,tr Mar´tin Hernández Kocha, Oxford University Press. 318 pp.
- n) Rogers E. M. 1995. Diffusion of Innovations. The Free Press. Fourth Edition. 519 pp.
- o) Rosenberg, N. 1982. Inside in the Black Box: Technology and Economics. Chapter I. Cambridge University Press.
- p) Waissbluth M. y otros. 1986. Administración de Proyectos de Innovación Tecnológica. Centro para la Innovación Tecnológica UNAM y Ediciones Gernika. México.