

RESTRICCIONES ESTRUCTURALES PARA LA INNOVACIÓN EN LA BIOTECNOLOGÍA COLOMBIANA*

Yuri Gorbaneff **
Isabel Cristina Aarón ***
Catalina Chávez ****

* El trabajo está enmarcado dentro del proyecto de investigación *Modelos formales en la teoría organizacional*. Institución ejecutora: Carrera de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Este trabajo se desarrolló entre el 2004 y el 2005. El artículo se recibió el 05-05-2005 y se aceptó el 13-12-2005.

** Magíster en Economía, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, 2000. Periodismo internacional, Instituto Estatal de Relaciones Internacionales de Moscú, Rusia, 1978. Profesor del Departamento de Administración de Empresas, Pontificia Universidad Javeriana. Miembro del Grupo de *Estudios de Dirección Estratégica y Organizaciones*. Correo electrónico: yurigor@javeriana.edu.co.

*** Economista, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, 2004. Ejecutiva de Cuenta de QBE Central de Seguros. Correo electrónico: Isabel.aaron@qbesentral.com.co.

**** Economista, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, 2004. *Trader* de Deuda del Departamento de Tesorería Granbanco, Bancafé. Correo electrónico: c.chaves@bancafe.com.co.

RESUMEN

El trabajo pretende aportar al estudio de la innovación en el sector de biotecnología en Colombia. Para tal fin se analizan los efectos de los costos de transacción y los contratos incompletos en las estructuras organizacionales y en los procesos de innovación. A partir de una encuesta aplicada en 19 organizaciones de biotecnología se construyeron modelos econométricos de corte transversal, para comprobar las hipótesis. Los resultados indican que la innovación se realiza en las empresas integradas verticalmente; que la subcontratación funciona bien solamente cuando está presente la economía de escala o cuando el producto o servicio que se subcontrata es sencillo, y que la barrera para el desarrollo de la biotecnología en Colombia no es la escasez de los recursos ni de las personas preparadas, sino las instituciones, que deberían crear los incentivos para que las personas desarrollen sus capacidades.

Palabras clave: costos de transacción, estructuras organizacionales, innovación, biotecnología.

ABSTRACT

Structural Restrictions on Innovation in Colombian Biotechnology

This work is an attempt to study innovation in the biotechnology sector in Colombia. A study is made of the effects of transaction costs and incomplete contracts in the organizational structures, and in innovation processes. Based on a survey applied to 19 biotechnology organizations, transverse-section econometric models were constructed to test the hypothesis. Results indicate that innovation takes place in vertically integrated companies; that subcontracting works well only if it is accompanied by economies of scale, or where the product or service subcontracted is simple; and that the barrier to development in biotechnology in Colombia is not of the scarcity of resources or on qualified people, but of institutions, which should create incentives for people to develop their capacities.

Key words: Transaction costs, organizational structures, innovation, biotechnology.

Introducción

La biotecnología es la utilización de seres vivos o de sus componentes para la producción de bienes y servicios (Loannes, 2000). Está compuesta por una gama de tecnologías y aplicaciones que se extiende a varias ramas de la industria. Incluye las técnicas de ADN recombinante, tecnología de enzimas, anticuerpos monoclonales e instrumentos de soporte; la síntesis de oligonucleótidos y péptidos; así como el desarrollo de una amplia serie de las tecnologías-plataforma, como el estudio del genoma, la química combinatoria y las actividades que involucran unos procesos de laboratorio complejos, como la clonación y la filtración del material genético (Casper y Kettler, 2001). Adicionalmente, la biotecnología incluye las viejas tecnologías, como la reproducción y el mejoramiento de las especies de animales y plantas y la fermentación. A partir de las tecnologías-plataforma la biotecnología proyecta su influencia al sistema de la salud, a la agricultura y a algunas ramas de la industria tan distantes de las ciencias de la vida como el petróleo o la microelectrónica (Russell, 1999).

La biotecnología es diferente de las demás grandes tecnologías del siglo XX, por cuanto su repercusión en la calidad de vida es mayor y más directa que incluso el efecto en la productividad, el crecimiento económico y otras variables macro. Eso ya provocó un interesante debate público, por ejemplo, sobre los alimentos genéticamente modificados o la clonación de los seres vivos. Las transformaciones son radicales y la difusión de la nueva tecnología es persistente. Por eso en diversos estudios se utilizan los conceptos de *largos ciclos*, de Kondratieff, y de *des-*

trucción creativa, de Schumpeter, para describir la situación que vivimos (Russell, 1999).

Desde hace tiempo, los países desarrollados reconocieron el efecto revolucionario que la biotecnología ejerce en la competitividad y por ello han tratado de estimular su desarrollo. Esta vez no se trata de una ventaja comparativa, sino de un monopolio que se está creando. Este asunto tiene que ver con los derechos de propiedad intelectual. Estados Unidos logró el mayor desarrollo de la biotecnología y está presionando para que el resto del mundo acepte respetar no solamente las patentes sobre los productos fabricados con base en la biotecnología, sino también las patentes sobre las plantas, los microorganismos y los animales.

Colombia, en este sentido, presenta una situación especial, por ser uno de los países del mundo más ricos en cuanto a la biodiversidad. Este sector tiene alta capacidad para la generación del desarrollo, porque sus aplicaciones se dirigen a las industrias de bienes inelásticos, como alimentos, medicamentos y vacunas. La biotecnología representa una oportunidad para contribuir a cerrar la brecha económica y social entre los países desarrollados y aquéllos en vías de desarrollo. También tiene el potencial para convertirse en un mecanismo para acentuar la dependencia y ahondar la distancia que separa a los unos de los otros. De aquí que tanto la comunidad científica como el gobierno y los sectores empresariales deberían considerar la biotecnología como un frente estratégico.

La literatura colombiana refleja una situación diferente. El país presenta una gran

dependencia de las fuentes tecnológicas extranjeras, que no disminuye a través de los años. Por la capacidad innovadora nacional, Colombia ocupa el puesto 61 entre 80 países. El porcentaje de la inversión del producto interno bruto (PIB) colombiano en la investigación y desarrollo entre 1995 y 2001 fue de 0,24% (González y Aguilar, 2004), diagnóstico que está de acuerdo con Malaver y Vargas (2004). La biotecnología se mira en Colombia desde la óptica de la técnica, de la regulación legal y desde la ética. Los aspectos gerenciales no son relevantes ni se discuten (Aramendis y Hodson, 1996; Szabo, 1995). Es una situación que no contribuye a transformar la biotecnología en el motor de la economía colombiana.

Este trabajo pretende aportar al estudio del sector desde la administración y economía. Concretamente, se desea, por un lado, establecer el efecto que los costos de transacción ejercen en las estructuras de las empresas de biotecnología en Bogotá y, por otro, formular las recomendaciones de política para dinamizarlo. Se inicia con un resumen de la literatura sobre el tema. Luego, la segunda sección comprueba empíricamente el modelo teórico de la integración vertical y la subcontratación en el sector, mientras la tercera discute los hallazgos empíricos. Por último, la cuarta concluye.

1. Literatura

Del amplio conjunto de aproximaciones a la comprensión económica del sector de biotecnología se opta por la perspectiva institucionalista, debido a que permite indagar por aspectos estructurales, de contratación y de información. Este enfoque es

especialmente útil cuando se trata de una industria radicalmente innovadora, cuyo éxito depende de la capacidad de los empresarios de realizar las nuevas combinaciones de los factores (Schumpeter, 1968) y, mucho menos, de la acumulación de los factores de producción. Para entender el mecanismo de la destrucción creativa se tiene que ir hacia los microfundamentos del comportamiento de los empresarios, a las estructuras organizacionales y al ambiente institucional en que funcionan las empresas de biotecnología.

Casper y Kettler (2001) encuentran que el ambiente institucional es decisivo para el éxito del sector. Si bien pueden hallarse unos empresarios heroicos, la teoría predice que los números significativos de organizaciones emprendedoras surgen solamente cuando existen instituciones adecuadas que garantizan la transferencia de la tecnología, el flujo de los recursos financieros de alto riesgo, el desarrollo y la motivación de las personas en las organizaciones. Los autores comparan los marcos institucionales en que transcurre el desarrollo de la biotecnología en Estados Unidos, Inglaterra y Alemania. Así, en el primer país se debe a la existencia de un marco institucional que facilita la creación de las competencias organizacionales necesarias para el éxito del proceso de la innovación. Las instituciones en Inglaterra están copiadas de las estadounidenses y, en principio, son más favorables para el desarrollo de esta industria innovadora y riesgosa, porque aplican los mecanismos del mercado más ampliamente que en Alemania. Sin embargo, las empresas británicas están perdiendo el dinamismo, mientras que las alemanas están ganando

el mercado. Al comparar las cuatro competencias básicas que identifica la literatura, los autores concluyen que en Alemania pudieron contrarrestar las desventajas de un ambiente institucional rígido. Más aún, los alemanes encontraron en sus instituciones una fuente de oportunidades.

Los autores que escriben sobre biotecnología están de acuerdo en que los ambientes en los cuales surgen las empresas biotecnológicas exitosas deben permitir generar las cuatro competencias básicas:

- El acceso a la tecnología.
- El acceso a los recursos financieros de alto riesgo.
- El desarrollo del talento humano, capaz de desenvolverse en el ambiente inestable, que se caracteriza por la “destrucción de las competencias” adquiridas previamente.
- La creación de los fuertes incentivos para el personal que trabaja en las empresas biotecnológicas innovadoras (Casper y Kettler 2001; Szabo, 1995).

La literatura sobre el tema identifica tres posibles orígenes de la innovación en el área de la biotecnología:

- Empresa integrada de biotecnología, que se encarga de realizar la innovación y de darle una aplicación industrial.
- Empresa fabricante de productos alimenticios, farmacéuticos, etc., que busca mejorar sus procesos tecnológicos y acude a la investigación biotecnológica.
- Laboratorio científico, que se encarga de la investigación científica en la ex-

pectativa de que los sectores empresariales se interesen por su trabajo y le den una aplicación industrial.

En América Latina predomina la tercera modalidad (Szabo, 1995). Entre las cuatro competencias que deben tener las empresas biotecnológicas para sobrevivir (el acceso al capital de riesgo, la transferencia de la tecnología, el capital humano capaz de trabajar en las condiciones de alta incertidumbre y la motivación fuerte), una es exógena a las organizaciones y depende de las características del mercado de capital. Las otras tres competencias dependen de la estructura de las mismas empresas y del grado de su integración vertical. Por eso en este trabajo vamos a concentrarnos en los aspectos estructurales y a tratar de explicar el estado de la industria biotecnológica en Colombia, desde la óptica estructural.

La discusión de los aspectos estructurales de las organizaciones se hace dentro del contexto de la teoría de costos de transacción. Si bien la idea intuitiva de la existencia de los costos de transacción aparece por primera vez en las obras de los economistas que han escrito sobre la teoría monetaria, como Mill y Hicks, quienes empezaron a hablar del dinero como el ‘lubricante’ de las transacciones (Furubotn y Richter, 1998), el primer autor que plantea este tema es Ronald Coase (1994).

Desde Coase la teoría de los costos de transacción es la herramienta intelectual clave para entender el origen de la organización y su estructura. Si el mecanismo de precios brinda toda la coordinación necesaria, ¿por qué existen las empresas? ¿Cuáles son sus fronteras? Este autor ofrece unas respues-

tas sencillas y aclaradoras. La razón principal, porque es conveniente establecer las empresas; es el costo del uso del mecanismo de precios. Para realizar una transacción, entendida como la transferencia del bien o servicio a través de una interfaz tecnológicamente separable (Williamson, 1989) en el mercado, el agente necesita descubrir a la contraparte, con quién hacer la transacción, informarla de su deseo de realizar la transacción y de las condiciones, negociarlas, redactar el contrato, emprender inspecciones y verificar que las condiciones del contrato estén observadas. Quiere decir incurrir en los costos de búsqueda, negociación, decisión, vigilancia e imposición.

Si se crea una empresa, la cantidad de los contratos que es necesario hacer se reduce de manera significativa. Esto es importante, porque representa un ahorro de la racionalidad limitada. Las empresas surgen con mayor probabilidad en un ambiente caracterizado por la incertidumbre, cuando el contrato clásico tipo *spot* es insatisfactorio. Una empresa se va a expandir hasta que el costo marginal de organizar una transacción adicional dentro de la empresa sea igual al costo marginal de organizarla en el mercado (Coase, 1994). De aquí viene la definición institucional de la empresa: es un conjunto de contratos que regula las transacciones fuera del mercado entre los propietarios de los recursos, quienes forman la empresa en condiciones de la información asimétrica y la racionalidad limitada (Furubotn y Richter, 1998).

En el fundamento de los costos de transacción yacen los fenómenos propios a la naturaleza humana, por ejemplo, la racionalidad limitada (Simon, 1972) y el oportunismo,

entendido como la búsqueda del interés propio con el dolo (Williamson, 1989). Pero hay una condición suficiente para que se den los costos de transacción, y es la especificidad de activos (Williamson 1989 y 1991). Desde este momento la especificidad de los activos se convierte en un concepto que engloba todas las causas de los costos de transacción. Basándose en este criterio, Williamson (1991) propone formalmente una tríada de formas de intercambio económico: el mercado, los híbridos y la jerarquía. Cada forma tiene sus ventajas y desventajas. Los gerentes eligen la forma adecuada según el grado de la especificidad de los activos que participan en la transacción.

De esta manera, la teoría de costos de transacción empezó a poner una base formal para la idea intuitiva de la tríada propuesta por Richardson (1972), quien, hablando de las actividades que emprenden las empresas, indicaba que estas actividades podían ser coordinadas de tres formas básicas: a través del mercado, de la cooperación y de la dirección. Más tarde, en 1998, Richardson indicaba que el primer mecanismo (el mercado) depende de la estabilidad del ambiente.

Cuando esta condición no se cumple, es necesaria la cooperación que puede lograrse con contratos a largo plazo y otras formas de asociación. No obstante, esta cooperación se hace insuficiente cuando se tratan de coordinar de manera sistemática actividades muy complementarias. Si una empresa decide comprar un insumo a un proveedor externo, hay que crear el marco de la cooperación con un grado aceptable de seguridad para ambos. Los compradores del insumo van a querer estar seguros de su provisión conti-

nuada; mientras los fabricantes de éste van a querer estar seguros de la demanda continua. Como es poco práctico diseñar y revisar un juego complejo de acuerdos de cooperación tan a menudo como sea necesario, se hace atractiva la forma organizada de cooperación, que es la dirección.

Es oportuno recordar a Richardson no sólo como el primero en expresar la idea de la tríada, sino como al autor de otra idea que explica las razones que están detrás de la elección de cierta forma del intercambio económico. Es la economía de escala. Cuando la empresa se integra verticalmente, ahorra los costos de coordinación; pero se hace incapaz de disfrutar de la economía de escala que tienen los proveedores independientes. Por eso la empresa que se integra verticalmente paga una penalidad por sacrificar la economía de escala.

El *trade-off* que identifica Richardson es un útil complemento al cuadro que dibujan los teóricos de los costos de transacción cuando explican las formas de la organización económica. Otro complemento que permite entender las formas del intercambio es la teoría del contrato.

Los contratos son los compromisos asumidos de forma voluntaria, pero obligatorios legalmente. La teoría de los costos de transacción sugiere que los contratos van a tener diferentes grados de completitud. Un contrato es completo cuando es contingente, esto es, cuando las partes prevén todas las contingencias y las escriben en éste, cuando la información entre los agentes es simétrica, cuando es obligatorio legalmente y es posible su imposición por una corte,

cuando la información es verificable por los terceros, así como cuando la ejecución es perfecta y no hay necesidad de dispositivos protectores contra oportunismo. En caso de que estas condiciones no se cumplan, se trata de un contrato incompleto.

El origen de la incompletitud contractual es múltiple. En primer término, es la asimetría de la información. En segundo término, la especificidad de los activos. Los contratos prevén que las partes tienen que hacer inversión específica. Una vez firmado el contrato y hecha la inversión específica, alguna parte puede obtener el poder monopólico sobre la otra (*hold up*). Este poder surge a pesar de que *ex ante* haya una competencia perfecta. La tercera fuente de la incompletitud es el costo de la negociación. La negociación es costosa, debido al número infinito de las contingencias que los agentes tienen que enfrentar. Cuanto más complejo es el ambiente, más costoso es redactar un contrato completo (Saussier, 2000).

Los agentes tienen el incentivo de reducir el grado de la completitud del contrato y de ahorrar los costos de transacción *ex ante*; pero al ahorrarlos, el agente-dueño de la obra se expone al peligro de una conducta oportunista por parte del que contrata. El oportunismo del contratista aumenta el costo de transacción *ex post*, lo que obliga al dueño a balancear entre los dos costos (Crocker y Reynolds, 1993). En cuarto término, el origen de la incompletitud es la inverificabilidad de muchas contingencias por la tercera parte. Algunas contingencias que van a surgir van a ser obvias y verificables; pero van a haber otras que no son verificables (Furubotn y Richter, 1998).

Como resultado, los contratos reales se hacen incompletos en distinto grado. Un contrato real se puede ubicar en un punto del continuo que va desde la completitud total a la incompletitud total (Furubotn y Richter, 1998). Crocker y Reynolds (1993) utilizan el caso de la contratación que realiza el gobierno estadounidense cuando adquiere los motores para los aviones militares, para estudiar los efectos de la incompletitud contractual sobre el carácter del contrato. Para ellos, y de acuerdo con la teoría de los costos de transacción, el grado de la completitud de los contratos, elegida por las partes, refleja su deseo de minimizar el costo de transacción.

Un contrato es incompleto cuando los agentes no son capaces de comprometerse a cierta división de la ganancia adicional –resultado de la transacción– antes de hacer sus decisiones no observables sobre la inversión. Por eso las utilidades poscontractuales tienen que ser redistribuidas más tarde, en el proceso de la renegociación. Sin embargo, la perspectiva de la renegociación distorsiona los incentivos de los agentes a invertir y disminuye las ganancias comunes de los dos agentes. Las partes tratan de superar el oportunismo *ex post* y el desincentivo a invertir a través de un contrato más completo. Pero esto tiene un alto costo. Cuando las partes consideran una transacción que se va a regir por un contrato a largo plazo, los agentes deben escoger qué tan explícitas deben aparecer en el contrato sus obligaciones. Además, cuando sube el grado del oportunismo del contratista, debe aumentar el grado de la completitud del contrato (Crocker y Reynolds, 1993); pero esto hace que el contrato le vaya a costar más. Por eso las partes van a preferir aho-

rrar el costo de la negociación *ex ante* y sentarse a esperar qué va a pasar y renegociar el contrato después.

En la literatura se hacen intentos de formular las condiciones de la subcontratación o la integración vertical. Paroush y Prager (1999) muestran que las organizaciones, de manera permanente, evalúan la situación y deciden si producir o subcontratar cierto producto o servicio. Esto implica decidir si continuar la producción propia o transformarse en una entidad supervisora y transferir la responsabilidad de la producción al contratista.

El proceso de la transferencia de la función productiva no es simple, ya que la naturaleza del negocio puede requerir un contrato incompleto entre el comprador y el contratista, y tal contrato hace difícil, y a veces imposible e impracticable, su seguimiento. Incluso, el contrato incompleto hace que si el contratista o el comprador violan el acuerdo, la tercera parte no pueda ver la violación de manera clara y no pueda imponer el contrato original. Por lo tanto, la incompletitud del contrato conduce a la renegociación de los términos del contrato. Resultado es que las partes que participan tiendan a subinvertir y comportarse de manera oportunista.

La teoría dice que los costos de transacción en el mercado van a crecer cuando la transacción ocurre en el ambiente de incertidumbre y exige que alguna parte haga inversiones específicas. Por lo tanto, la desganancia de entrar en una relación rodeada de incertidumbre, que supone la inversión específica, impulsa a las organizaciones a integrarse verticalmente (Pisano, 1990).

Entonces, la interiorización elimina el problema de la negociación *ex post* y, de esta manera, mejora el incentivo de realizar la inversión específica. No obstante, la integración vertical genera costos administrativos adicionales, distorsiona incentivos y no permite disfrutar de las economías de escala cuando las capacidades internas de la organización son inferiores a las capacidades que ofrecen organizaciones especializadas, por lo cual la interiorización es rentable sólo si el ahorro que logra la empresa cuando se integra verticalmente es superior al aumento de los costos en caso de integrarse (Pisano, 1990; Williamson, 1985; Grosman y Hart, 1986).

Los proyectos de investigación están rodeados por las incertidumbres que pueden ser resueltas sólo a medida que el proyecto avance. Se trata de una situación que se modela como un contrato incompleto. Esto conduce a la integración vertical. Otra circunstancia que empuja a las organizaciones a integrarse verticalmente es el problema de la apropiación. La organización no sólo quiere conseguir el acceso al producto o proceso, sino restringir la capacidad de sus rivales de tener este mismo producto o proceso. En caso de la integración vertical, este objetivo se logra.

Cuando la investigación y el desarrollo están subcontratados, se hace necesario prever los arreglos legales correspondientes en el contrato. Esto implica delimitar los derechos de propiedad, lo que es difícil debido a que gran parte del conocimiento que se genera en un proceso de investigación es tácito. Por eso guardar la innovación en secreto no siempre es posible y la integración vertical se hace atractiva (Teece, 2000; Pisano, 1990).

Obviamente, al preferir la integración vertical, las organizaciones abandonan los incentivos de alto poder, propios del mercado; dejan de disfrutar de las economías de escala, y corren con mayores gastos administrativos. La teoría sugiere que las organizaciones no pueden ser ni integradas ni desintegradas en un 100%. Es siempre una mezcla. El problema consiste en establecer la mezcla óptima (Teece, 2000).

El estudio formal de las estructuras organizacionales desde la plataforma de los costos de transacción inicia con el artículo seminal de Grossman y Hart (1986). Los autores que les siguen recurren también a la teoría del contrato incompleto para modelar la elección entre la integración vertical y la subcontratación. Kranton y Minehart (2001) construyen una teoría para comparar las empresas verticalmente integradas con las redes de los fabricantes y proveedores. Paroush y Prager (1999) presentan un modelo de juegos que permite generar una regla para la subcontratación. Gorbaneff (2002) desarrolla un modelo de subcontratación e integración vertical para la construcción de la infraestructura en Colombia. El presente trabajo aplica el modelo mencionado al sector de la biotecnología, a fin de, por un lado, comprobar el modelo; por el otro, explicar las estructuras de las empresas biotecnológicas en Colombia. A partir de la literatura se pueden formular las hipótesis:

- 1: las actividades que implican gran incertidumbre y el peligro del oportunismo, de manera típica, se realizan dentro del marco de las empresas integradas verticalmente; mientras que las actividades que implican poca incertidumbre

y no presentan el peligro del oportunismo típicamente se subcontratan.

- 2: el grado de la completitud contractual está negativamente asociado con el grado de la complejidad ambiental en que operan las empresas.

2. Metodología y hallazgos

La comprobación empírica de la teoría de la integración vertical y subcontratación se realizó en una muestra de 19 organizaciones que, según los datos de Colciencias, trabajaban en Bogotá, en el período 2002-2003, en el área de biotecnología. La base de datos de Colciencias está conformada por 19 organizaciones, entre los laboratorios universitarios de biotecnología, las empresas privadas que se dedican a la investigación y producción de productos biotecnológicos y los organismos públicos que realizan la investigación con miras a difundir los conocimientos en el sector. Aceptaron contestar la encuesta 6 organizaciones, que constituyen el 31% de la población total. Se obtuvieron 35 formularios válidos.

Para comprobar el modelo se procedió de la siguiente manera. La hipótesis 1 dice que las actividades que implican una gran incertidumbre y el peligro del oportunismo, de manera típica, se realizan dentro del marco de las empresas integradas verticalmente; mientras que las actividades que implican poca incertidumbre y no presentan el peligro del oportunismo típicamente se subcontratan. Por lo tanto:

- La variable dependiente fue definida como el uso de la jerarquía o el mercado para gobernar la transacción. Es una variable binaria o categórica.

- Las variables independientes fueron definidas para reflejar el grado de la complejidad ambiental que rodeaba la transacción.
- La variable W2 mide el grado en que el producto o proceso que se pretende desarrollar es relativamente sencillo.
- La variable W1 identifica si los principios científicos en los cuales está basado el producto o proceso que se pretende desarrollar están bien estudiados y comprendidos.
- La variable W3 mide si en el transcurso del proyecto surgieron imprevistos que obligaron a reconsiderar los plazos y el costo.
- La variable W4 representa la importancia de la suerte en el éxito del proyecto.

La hipótesis 2 dice que el grado de la completitud contractual está negativamente relacionado con el grado de la complejidad ambiental en que operan las empresas. Por lo tanto:

- La variable dependiente es el grado de la completitud contractual (P). Para medirla fue necesario aclarar si el contrato con los investigadores permitía formular con precisión todas las especificaciones del producto o proceso que ellos iban a desarrollar. Para esto se definió la variable P1.
- La variable independiente P2 registró los casos en que los investigadores pagaron o no alguna multa por los gastos imprevistos y demoras que pueden surgir en el transcurso del proyecto.

- La variable P3 identificó las situaciones en que el comprador estaba autorizado a realizar el seguimiento y control permanente del trabajo que realizaban los investigadores.
- La variable P4 registró los casos en que los investigadores negociaban estas contingencias con el comprador.
- Las variables dependientes fueron W1, W2, W3 y W4.

El análisis es de corte transversal, porque nos interesan las comparaciones de la conducta de las organizaciones en diferentes situaciones en un momento determinado de tiempo. En el primer caso, tratándose de una variable dependiente categórica, se utiliza el *probit*; en el segundo caso, una regresión clásica de mínimos cuadrados ordinarios.

Este proyecto trata el problema de los costos de transacción reflejados a la hora de elegir la estructura de una organización y el papel que esto desempeña en la competitividad de las empresas.

Hay que analizar la estructura de la muestra utilizada en el análisis econométrico, con el fin de tener un panorama claro del sector y la calidad de la información obtenida. Según Colciencias, la mayor concentración de los proyectos biotecnológicos se genera en el sector académico (45%), lo que puede interpretarse como el buen desempeño que los investigadores, pero también puede verse como la poca aplicabilidad práctica de sus trabajos. El sector productivo participa con 24% de las investigaciones. Bogotá reúne la mayor participación en el desarrollo de los proyectos (54%), lo cual muestra qué tan concentrada está la investigación según las fuentes de investigación, como lo son universidades y entidades gubernamentales, por ejemplo, la misma Colciencias. Les siguen Antioquia (16%) y Valle (14%). Otros departamentos no desempeñan papeles visibles en la investigación biotecnológica.

Los proyectos que formaron parte de la muestra están distribuidos por sector, como lo muestra el Cuadro 1:

Cuadro 1
Número de proyectos de la muestra por sector

Sector	No. proyectos	Porcentaje
Centro de investigación	24	65%
Instituto de investigación	10	27%
Productivo	3	8%
Total	37	100%

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Los resultados esperados encierran sugerencias de política para optimizar la estructura de las empresas de biotecnología,

con miras a contribuir a su mayor competitividad a través de la comprobación empírica del modelo.

Después de que se obtengan los resultados, se espera que los principales receptores del trabajo sean todas las empresas de biotecnología y los encargados de hacer política para dichas empresas. Para comprobar el modelo hemos procedido de la siguiente manera: la hipótesis 1 dice que las actividades que implican gran incertidumbre y el peligro del oportunismo, de manera típica, se realizan dentro del marco de las empresas integradas verticalmente; mientras que las actividades que implican poca incertidumbre y no presentan el peligro del oportunismo típicamente se subcontratan.

La variable dependiente es el uso de la jerarquía o el mercado para gobernar la transacción. Es una variable categórica. Las variables independientes reflejan el grado de la complejidad ambiental que rodea la transacción. En la práctica se trata de aclarar si el producto o proceso que se pretende desarrollar es relativamente sencillo (W1), si los principios científicos en los cuales está basado el producto o proceso que se pretende desarrollar están bien estudiados y comprendidos (W2), si en el transcurso del proyecto han surgido imprevistos que han obligado a reconsiderar plazos y el costo (W3) y si la suerte es un componente importante en el éxito del proyecto (W4).

La hipótesis 2 dice que el grado de la completitud contractual esta negativamente asociado con el grado de la complejidad ambiental en que operan las empresas. La variable dependiente es el grado de la completitud contractual (P). Para medirlo es necesario aclarar si el contrato con los investigadores permite

formular con precisión todas las especificaciones del producto o proceso que ellos van a desarrollar (P1), si los investigadores pagan o no alguna multa por los gastos imprevistos y demoras que pueden surgir en el transcurso del proyecto o si estas contingencias se negocian entre el comprador y los investigadores (P2 y P4) y si el comprador está autorizado a realizar el seguimiento y control permanente del trabajo que realizan los investigadores (P3). Las variables dependientes son W1, W2, W3 y W4.

En el primer caso, tratándose de una variable dependiente categórica, se utiliza el *probit*; en el segundo caso, una regresión clásica de mínimos cuadrados ordinarios. El objetivo de la encuesta es recolectar información sobre la completitud de los contratos entre proveedores y compradores de servicios basados en estudios o investigaciones en biotecnología. Estas encuestas también son el recurso para poder observar la complejidad ambiental en que las empresas de este tipo se desenvuelven y su especificidad contractual. De esta forma, las encuestas son el medio que nos permiten obtener la información relevante que operan las variables del modelo.

2.1 Metodología de la encuesta y el formato de la encuesta

Se preparó el formulario de la encuesta (vea el Anexo). Cada pregunta formulada allí nos da una medida cuantificable de las variables que queremos estimar y nos va a permitir ver las relaciones existentes entre la variable dependiente y las independientes. Las estadísticas descriptivas de las variables se reproducen en el Cuadro 2.

Cuadro 2
Estadísticas descriptivas de las variables

VARIABLES	N	Mean	Std. deviation	Variance
W1	37	4,7568	2,0056	4,023
W3	37	6,2973	1,2663	1,604
W3	36	4,0556	2,5405	6,454
W4	37	4,1351	1,2508	1,565
P1	37	6,1892	1,1015	1,213
P2	37	3,8649	2,4851	6,176
P3	36	6,5000	1,1832	1,400
P4	37	4,5135	2,5344	6,423
L1	37	4,3243	2,6568	7,059
L2	37	6,5405	1,2604	1,589
Valid N (listwise)	36	...	...	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

2.2 Análisis de frecuencias

A efectos de analizar la frecuencia de las respuestas que se obtuvo en las encuestas, dentro de la encuesta se simplifica el patrón utilizado, de la siguiente forma:

En primera instancia se encontraban las siguientes opciones de respuesta con los distintos grados:

- No se está de acuerdo: que contiene tres grados 1, 2 y 3.
- Se está parcialmente de acuerdo: que contiene un grado 4.
- Se está totalmente de acuerdo: que contiene tres grados 5, 6 y 7.

Para el análisis frecuencial ahora se han contraído los grados de la siguiente manera:

- No se está de acuerdo: que contiene ahora el grado 1.
- Se está parcialmente de acuerdo: que contiene ahora el grado 2.

- Se está totalmente de acuerdo: que contiene ahora el grado 3.

Bajo esta nueva estructura tenemos:

W1 se refiere a si el producto o proceso que se pretende desarrollar es relativamente sencillo. Para un total de 37 respuestas, se tiene que en un 45,9% de los casos se consideran sencillos los procesos, lo cual indica que son asumidos como poco complejos para la mayoría de la muestra. Un 32,4% de las respuestas indica que es complejo el desarrollo de los procesos o proyectos biotecnológicos, mientras un 21,6% cree que es parcialmente complejo. Si se acumulan los porcentajes de las respuestas ubicadas entre parcialmente de acuerdo y totalmente de acuerdo de que los procesos o productos son sencillos de desarrollar, se tiene que acumulativamente el 54% de la muestra indica que no es complicado el desarrollo de las investigaciones en biotecnología. Los resultados se representan en el Cuadro 3.

Cuadro 3
Análisis de frecuencias de la variable W1

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	12	32,4	32,4	32,4
2,00	8	21,6	21,6	54,4
3,00	17	45,9	45,9	100,0
Total	37	100,0	100,0	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003

W2 indica si los principios científicos en los cuales está basado el producto o proceso que se pretende desarrollar están bien estudiados y comprendidos. Para un 89,2%, la respuesta se centra en que está de acuerdo, lo que representa poca complejidad, ya que a mayor conocimiento sobre el proceso, es más

probable el certero resultado o su obtención. El porcentaje que representa un parcial acuerdo y un total desacuerdo es muy pequeño, lo que deja indicar que el conocimiento en casi la totalidad de los casos es fundamental para lograr un resultado certero. Los resultados se representan en el Cuadro 4.

Cuadro 4
Frecuencias de la variable W2

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	2	5,4	5,4	5,4
2,00	2	5,4	5,4	10,8
3,00	33	89,2	89,2	100,0
Total	37	100,0	100,0	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

W3 se refiere a si en el transcurso del proyecto han surgido imprevistos que han obligado a reconsiderar los plazos de entrega y los costos del proyecto. La frecuencia de respuestas indica que para un 51,4% existe un alto grado de complejidad, ya que están de acuerdo en que en el desarrollo del proceso o producto los plazos son cambiados y los costos tienden a variar, todo lo cual genera cierta complejidad ambiental. Más de la mitad de la muestra, según el Cuadro 5, se ubica en que está totalmente de acuerdo con la susceptibilidad de los costos y de los

plazos; mientras sólo el 37,8% de las respuestas establece su desacuerdo, lo cual indica que la tendencia está inclinada a la alta complejidad del ambiente donde los contratos son generados.

W4 indica a la *suerte* como un componente fundamental en el éxito del proyecto. Por lo tanto, ésta es un elemento que llega a reflejar cierta complejidad del ambiente, ya que si el éxito de un proceso o proyecto depende en cierto grado de circunstancias externas a las que en efecto hacen parte de su desarrollo,

Cuadro 5
Frecuencias de la variable W3

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	14	37,8	38,9	38,9
2,00	3	8,1	8,3	47,2
3,00	19	51,1	52,8	100,0
Total	36	97,3	100,0	...
Missing System	1	2,7	...	...
Total	37	100,0	...	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

como son la suerte o la casualidad, la probabilidad del éxito del proyecto se hará más compleja. Según el Cuadro 6, el resultado de las respuestas de la encuesta, el 43,2% indica que la suerte es un factor fundamental para éxito del proyecto, el 42,5% cree que es par-

cialmente importante en el éxito y tan sólo un 16,2% piensa que la suerte no interfiere en el resultado del proyecto. La frecuencia de estas respuestas permite concluir que la suerte es un elemento importante en la óptima consecución de este tipo de procesos.

Cuadro 6
Frecuencias de la variable W4

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	6	16,2	16,2	16,2
2,00	15	40,5	40,5	56,8
3,00	16	43,2	43,2	100,0
Total	37	100,0	100,0	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

P1 indica que si los contratos con los investigadores permiten formular con precisión todas las especificaciones del producto o proceso que ellos van a desarrollar, entonces éstos tenderán, según la respuesta, a ser más o menos completos. Entre mayor sea el puntaje, mayor será la completitud del contrato. Para un total del 86,5% de las respuestas, se tiene que los contratos con los investigadores formulan con gran precisión todas las especificidades del proceso, hecho que los hace muy completos. Tan sólo

el 10,8% indica que existen condiciones en las cuales el contrato contiene parcialmente todas las especificaciones del proceso o producto y un 2,7% cree que sus contratos son del todo incompletos. Los resultados se reproducen en el Cuadro 7.

P2 pregunta que si en el transcurso del proyecto surgen circunstancias y gastos imprevistos las condiciones se renegocian, pero los investigadores no pagan una multa. En este caso el contrato inicial es completo, en la

medida en que está teniendo en cuenta los gastos a los que incurriría en las posibles contingencias. Las respuestas, según el Cuadro 8, indican que en un 51,4% los contratos de los proyectos son completos desde el punto de vista económico y en un 45,9% no lo son.

P3 se refiere a que si el comprador está autorizado a hacer seguimiento y control per-

manente al trabajo que realizan los investigadores. En este caso, el 91,9% de las respuestas se concentran en el grado 3, que indica que están totalmente de acuerdo con que el comprador vigila el proceso. Esto hace que el contrato sea muy completo en este sentido. Los resultados se reproducen en el Cuadro 9.

Cuadro 7
Frecuencias de la variable P1

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	1	2,7	2,7	2,7
2,00	4	10,8	10,8	13,5
3,00	32	86,5	86,5	100,0
Total	37	100,0	100,0	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 8
Frecuencias de la variable P2

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	17	45,9	45,9	45,9
2,00	1	2,7	2,7	48,6
3,00	19	51,4	51,4	100,0
Total	37	100,0	100,0	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 9
Frecuencias de la variable P3

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	1	2,7	2,8	2,8
2,00	1	2,7	2,8	5,6
3,00	34	91,9	94,4	100,0
Total	36	97,3	100,0	...
Missing System	1	2,7	...	...
Total	37	100,0	...	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

P4 indica que si en el transcurso del proyecto surgen circunstancias imprevistas que obligan a exceder el plazo, las condiciones se renegocian, pero los investigadores no pagan multa. En este caso, el contrato inicial es completo porque está teniendo en cuenta los gastos en los cuales se incurriría en las posibles contingencias, como en el caso de P2. Según el Cuadro 10, el 51,4%

responde que está de acuerdo con que en estas circunstancias se renegocie; además, con que el costo de esto no sea adjudicado a los investigadores. Un 13,5% contesta que está parcialmente de acuerdo, lo que indica cierta incompletitud dentro del contrato, y un 35,1% afirma que por imprevistos el plazo jamás será cambiado y se generará una multa al investigador.

Cuadro 10
Frecuencias de la variable P4

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	13	35,1	35,1	35,1
2,00	5	13,5	13,5	48,6
3,00	19	51,4	51,4	100,0
Total	37	100,0	100,0	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

L1 indica que las relaciones entre comprador y los investigadores siempre hayan sido amistosas, incluso antes de la realización del presente proyecto. Cuando se presenta esta clase de situación en los procesos, el índice de oportunismo es mínimo, pues las condiciones se darán más fácil en pro de ambas

partes y no de una sola. Según el Cuadro 11, el 56,8%, que representa 21 respuestas, indica (1) que está de acuerdo y (2) que hay una menor probabilidad de que se presente oportunismo en esta clase de contratos. Para un 37,8% la presencia de oportunismo es evidente en los procesos por las partes.

Cuadro 11
Frecuencias de la variable L1

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	14	37,8	37,8	37,8
2,00	2	5,4	5,4	43,2
3,00	21	56,8	56,8	100,0
Total	37	100,0	100,0	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

L2 indica si la relación existente entre el comprador y los investigadores permite mantener la confidencialidad en un 100%. Un 89,2% de las respuestas afirman que el acuerdo es muy

confidencial, lo que genera un mayor grado de oportunismo, pues supone que el éxito del proceso puede ser muy susceptible a fugas de información, como lo muestra el Cuadro 12.

Cuadro 12
Frecuencias de la variable L2

	Frequency	Percent	Valid %	Cumulative %
Valid 1,00	1	2,7	2,7	2,7
2,00	3	8,1	8,1	10,8
3,00	33	89,2	89,2	100,0
Total	37	100,0	100,0	...

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

2.3 Análisis multivariado

La primera parte de este trabajo estadístico se basó en la explicación y descripción de las variables de manera independiente, por lo que ésta describe el comportamiento del conjunto de variables con el fin de establecer la relación existente entre las variables P1, P2, P3 y P4, que describen el grado de completitud del contrato; las variables W1, W2, W3 y W4, que describen el grado de complejidad ambiental, y las variables L1 y L2, que describen el grado de oportunidad del contratista.

Dada la cantidad de variables que explican cada uno de los comportamientos, el análisis se realiza en dos pasos: el primero es llamado *análisis factorial*, e intenta reducir el número de variables a unos factores que expliquen su comportamiento en conjunto; el segundo es un *análisis econométrico*, cuyo fin es establecer la relación entre los diferentes conjuntos de variables.

2.3.1 Análisis factorial

El análisis factorial permite identificar un número relativamente pequeño de factores que pueden ser utilizados para representar la re-

lación existente entre un conjunto de variables. El método empleado es el de componentes principales, el cual busca realizar una extracción del espacio factorial que se tiene, mediante el análisis de la matriz de correlaciones de las variables (Johnson, 2002).

La herramienta de componentes principales explica la estructura de las covarianzas y varianzas a través de combinaciones lineales sobre las variables originales. Tiene como objetivo reducir las variables y permitir interpretarlas. Los resultados obtenidos en el análisis son los siguientes:

2.3.1.1 Generación del factor dependiente (factor P)

La primera parte de todo análisis factorial es observar la matriz de correlaciones (Cuadro 13), la cual muestra los coeficientes de correlación de Pearson, que miden el grado de asociación entre dos variables con un rango entre -1 y 1, y en la parte inferior muestra los índices de significancia de los coeficientes. Esta parte del cuadro realiza un prueba *t*, que se basa en la hipótesis nula $H_0 = \text{el coeficiente es igual a } 0$, por lo cual para valores menores a 0,05 la correlación es significativa.

Cuadro 13
Matriz de correlaciones*

		P1	P2	P3	P4
Correlation	P1	1,000	0,579	0,240	0,705
	P2	0,579	1,000	0,255	0,703
	P3	0,240	0,255	1,000	0,191
	P4	0,705	0,730	0,191	1,000
Sig. (1-tailed)	P1	...	0,000	0,080	0,000
	P2	0,000	...	0,067	0,000
	P3	0,080	0,067	...	0,133
	P4	0,000	0,000	0,133	...

* Determinante = 2,12.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

El primer test que se hace sobre las variables se basa en esta matriz. Para que el análisis factorial sea efectivo, las variables deben tener una correlación significativa. El segun-

do test es el KMO y el test de Bartlett (Cuadro 14), por el cual se puede verificar si la matriz de correlaciones es una matriz identidad, por medio de la prueba de Bartlett.

Cuadro 14
Test de KMO y de Bartlett

Kaiser-Mayer-Olkin measure of sampling adequacy		0,708
Bartlett's test of sphericity	Approx. Chi square	50,960
	Df	6,000
	Sig	0,000

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Este estadístico se obtiene a partir de la transformación χ^2 del determinante de la matriz de correlaciones. Cuanto mayor sea, y por lo tanto menor el grado de significancia, más improbable es que la matriz sea una matriz de identidad. Por ello, para poder continuar con el análisis en la prueba el índice de significancia debe ser menor a 0,05 (0,00 en este caso). El índice KMO compara los coeficientes de correlación de Pearson con los coeficientes de correlación parcial entre variables:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum_{l \neq j} r_{ij}}{\sum_{i \neq j} \sum_{l \neq j} r_{ij} + \sum_{i \neq j} \sum_{l \neq j} a_{ij}}$$

Donde:

- r_{ij} = coeficiente de correlación de Pearson entre las variable i y j .
- a_{ij} = coeficiente de correlación parcial entre las variable i y j .

De donde se obtienen los siguientes rangos para la prueba:

- 1 ≥ KMO > 0,90 considerados excelentes.
- 0,90 ≥ KMO > 0,80 considerados buenos.
- 0,80 ≥ KMO > 0,70 considerados aceptables.
- 0,70 ≥ KMO > 0,60 considerados regulares.
- 0,60 ≥ KMO > 0,50 considerados malos.
- KMO < 0,50 considerados inaceptables.

En el caso de las variables de completitud, la prueba tiene un valor de 0,708, por lo cual los resultados son aceptables. Realizado el

análisis de correlaciones, se procede a extraer los componentes principales, de donde se obtienen los resultados.

Los primeros resultados se registran en el Cuadro 15, en el cual se observa la proporción de la variabilidad explicada por los factores del modelo. Si utilizamos tantos factores como variables, cada variable puede ser explicada por ella misma y, por lo tanto, toda la variabilidad de cada variable es igual a la unidad. Esta es la razón por la que la comunalidad inicial es igual a la unidad para todas las variables. En el caso en cuestión, las comunalidades, después de la extracción, superan el 0,70, a excepción de P3, por lo cual es un buen indicador para los resultados del modelo.

Cuadro 15
Comunalidades

	Initial	Extraction
P1	1,000	0,723
P2	1,000	0,748
P3	1,000	0,168
P4	1,000	0,813

Extraction method: Principal component analysis.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

El resultado de la extracción se resume en el Cuadro 16, en el cual se muestra el porcentaje individual y acumulado de la varianza explicada por los factores. Para la extracción se toman aquellos factores con los *eigenvalores* mayores a 1. En este caso se toma en cuenta un solo factor que tiene el *eigenvalor* de 2,452 y que explica el 61,305% de la varianza del modelo.

Después de la extracción se tiene que evaluar la relación existente entre los factores y las variables. Dicha relación se encuentra en los cuadros 17 y 18. En el primero aparecen

los coeficientes utilizados para expresar cada variable estandarizada en términos de los tres factores del modelo. Estos coeficientes se conocen también con el nombre de cargas factoriales, ya que indican la carga de cada variable en cada factor, de modo que los factores con unos pesos factoriales más elevados en términos absolutos indican una relación más estrecha con las variables. El ideal desde el punto de vista del análisis factorial es encontrar un modelo en el que todas las variables tengan un alto puntaje en algún factor, es decir, pesos factoriales altos en algunos factores y bajos en otros.

Cuadro 16
La proporción de la varianza, explicada por los factores

Component	Inicial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2,452	61,305	61,305	2,452	61,305	61,305
2	0,898	22,451	83,755	...	...	...
3	0,422	10,544	94,299	...	...	...
4	0,228	5,701	100,000	...	...	...

Extraction method: Principal component analysis.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 17
Cargas factoriales para el primer factor*

	Component 1
P1	0,850
P2	0,865
P3	0,410
P4	0,902

* Un componente extraído.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Puesto que la finalidad última del análisis factorial es reducir un gran número de variables a un pequeño número de factores, se deben estimar las puntuaciones factoriales de cada sujeto. Dado que un factor no es más que una combinación lineal de las variables originales:

$$F_j = \sum_{i=1}^p W_{ij} X_i = W_{j1} X_1 + W_{j2} X_2 + \dots + W_{jp} X_p$$

Donde:

W_{ij} = coeficientes de las puntuaciones factoriales.

P = número de variables.

X_i = variable estandarizada.

En el Cuadro 18 se encuentran los coeficientes de las puntuaciones factoriales. A su vez,

en la base de datos se genera una nueva variable correspondiente a la puntuación factorial de cada sujeto (fct1_p). En este caso la ecuación correspondiente al factor es:

$$fct1_p = 0,347*P1+0,353*P2+0,167*P3 +0,368*P4$$

Como se observa en los cuadros y en la ecuación, la relación entre el factor y las variables es siempre positiva, por lo cual a un mayor valor de fct1_p, mayor la completitud del contrato. Se puede pensar que el factor 1 podría representar todas las cuatro variables de la encuesta que tienen que ver con la completitud contractual (P1, P2, P3 y P4). El único problema es la variable P3, cuya carga en el factor 1 es baja.

Cuadro 18
Coefficientes de la puntuación factorial

	Component 1
P1	0,347
P2	0,353
P3	0,167
P4	0,368

Extraction method: Principal component analysis.

Rotation method: Varimax with Kaiser normalization.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Otro factor para P. Dados los pobres resultados para la variable P3, se realizó un análisis alterno que la excluía y sus resultados se reflejan en los cuadros 19, 20, 21, 22 y 23. Cabe anotar que el KMO disminuye, pero no significativamente, lo que se atribuye a

la poca importancia de P3 en el modelo. Por otro lado, tanto la comunalidad de todas las variables y el total de la varianza explicada aumentan de 61% a 78%, lo que se hace más significativo en el momento de analizar los resultados.

Cuadro 19
Test KMO y Bartlett

Kaiser-Mayer-Olkin measure of sampling adequacy		0,702
Bartlett's test of sphericity	Appox. Chi square	51,615
	Df	3,000
	Sig	0,000

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 20
Comunalidades

	Initial	Extraction
P1	1,000	0,741
P2	1,000	0,765
P4	1,000	0,855

Extraction method: Principal component analysis.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 21
La varianza total explicada por los factores

Component	Inicial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of variance	Cumulative %
1	2,360	78,681	78,681	2,360	78,681	78,681
2	0,413	13,776	92,457	...	...	...
3	0,226	7,543	100,000	...	...	...

Extraction method: Principal component analysis

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 22
Cargas factoriales para el componente 1*

	Component 1
P1	0,861
P2	0,874
P4	0,925

Extraction method: Principal component analysis.

* Un componente extraído.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 23
Coefficientes de puntuación factorial

	Component 1
P1	0,365
P2	0,370
P4	0,392

Extraction method: Principal component analysis.

Rotation method: Varimax with Kaiser normalization.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

La participación de las variables en el factor es alta. Esto asegura, junto con las comunalidades, un alto grado de la significancia del factor. Además, el comportamiento de la ecuación que genera el factor sigue siendo el mismo, por lo que es de mayor utilidad el uso de este factor, llamado $fct2_p$, el cual se genera gracias a la ecuación:

$$fct2_p = 0,365 * P1 + 0,370 * P2 + 0,392 * P4$$

2.3.1.2 Análisis factorial para W

En el análisis conjunto de las variables de complejidad W1, W2, W3 y W4, los resultados se resumen en los cuadros 24 a 29. Dichos resultados, aunque más pobres que

los del factor P, son óptimos para el análisis factorial, ya que las variables W1, W2 y W3 están muy correlacionadas entre sí (véase Cuadro 24). Por otro lado, el nivel de significancia de la prueba de Bartlett es de 0,00, lo que rechaza la hipótesis nula, que dice que la matriz de correlaciones es una matriz identidad. Además, vemos cómo las communalidades se encuentran sobre 0,75 y sobre 0,9 para W1 y W4, respectivamente, y que la varianza explicada es del 84%. En este caso, el análisis arroja dos factores, fct_w1 y fct_w2, los cuales se generan con las siguientes ecuaciones:

$$fct_w1 = 0,434*W1 + 0,317*W2 - 0,401*W3 + 0,063*W4$$

$$fct_w2 = 0,036*W1 - 0,383*W2 - 0,224*W3 + 0,881*W4$$

En este caso, la dirección no está clara, debido a que se mezclan signos positivos y negativos. Por ello es conveniente remitirse a un análisis de las preguntas.

W1. El producto o proceso que se pretende desarrollar es relativamente sencillo. En este caso a mayor puntuación, menor complejidad.

W2. Los principios científicos en los cuales está basado el producto o proceso que se pretende desarrollar están bien estudiados y comprendidos. Al igual que en la primera, un puntaje alto determina un mínimo de complejidad.

W3. En el transcurso del proyecto han surgido imprevistos que han obligado a reconsiderar plazos y el costo. Si algún imprevisto genera cambios en los programas, se refiere a que un alto puntaje refleja una gran complejidad.

W4. La suerte es un componente importante en el éxito del proyecto. Al igual que en la anterior, si la suerte es un factor, refleja una gran complejidad.

Dado lo anterior, el primer factor (fct_w1) se comporta de manera inversa: a menor puntaje, mayor complejidad, ya que las variables de peso W1 y W2 tienen un signo positivo, y W3, uno negativo. Entre tanto, el segundo factor (fct_w2) se comporta de manera directa, es decir, a mayor puntuación, mayor complejidad, debido principalmente al signo positivo que acompaña a W4, variable significativa para éste.

Cuadro 24
Correlaciones*

		W1	W2	W3	W4
Correlation	W1	1,000	0,649	-0,779	0,055
	W2	0,649	1,000	-0,238	-0,238
	W3	-0,779	-0,374	1,000	-0,141
	W4	0,055	-0,238	-0,141	1,000
Sig. (1-tailed)	W1	...	0,000	0,000	0,374
	W2	0,000	...	0,012	0,081
	W3	0,000	0,012	...	0,205
	W4	0,374	0,081	0,205	...

* Determinant = 1,81.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 25
Test KMO y Bartlett

Kaiser-Mayer-Olkin measure of sampling adequacy		0,525
Bartlett's test of sphericity	Appox. Chi square	56,078
	Df	6,000
	Sig	0,000

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 26
Comunalidades

	Initial	Extraction
W1	1,000	0,914
W2	1,000	0,762
W3	1,000	0,800
W4	1,000	0,892

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 27
Varianza total explicada por los factores

Component	Inicial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loading		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2,217	55,419	55,419	2,217	55,419	55,419	2,210	55,244	55,244
2	1,152	28,789	84,208	1,152	28,789	84,208	1,159	28,965	84,208
3	0,485	12,135	96,344	...	...	...	...	...	...
4	0,146	3,656	100,000	...	...	...	...	...	...

Extraction method: Principal component analysis.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 28
Cargas factoriales*

	Component	
	1	2
W1	0,953	226E-02
W2	0,770	-0,410
W3	-0,846	-0,291
W4	0,88E-03	0,944

* Dos componentes extraídos.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 29
Coefficientes de puntuación factorial

	Component	
	1	2
W1	0,434	0,036
W2	0,317	-0,383
W3	-0,401	-0,211
W4	0,063	0,818

Extraction method: Principal component analysis.
 Rotation method: Varimax with Kaiser normalization.
 Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

2.3.1.3 *Un factor para L*

La última parte del análisis factorial es buscar un factor que agrupe y explique las variables L1 y L2. Tras la ejecución del análisis factorial, los resultados no fueron los mejores. Primero, la correlación entre las dos variables (L1 y L2) no resulta ser significativa. Segundo, la prueba KMO es de 0,5, considerada inaceptable. Por último, el nivel de significación del test de Bartlett es de 0,392, por lo que no podemos rechazar la hipótesis de que la matriz de correlaciones sea una matriz identidad. Dado lo anterior, para el análisis se decide tomar las dos variables por separado.

Al evaluar la formulación de las preguntas L1 y L2, se debe tener en cuenta que:

- A mayor puntaje de L1, menor el oportunismo.
- A mayor puntaje de L2, mayor la confiabilidad, por lo que es un mayor índice del oportunismo.

2.3.1.4 *Resultados finales del análisis factorial*

Después de realizar el análisis factorial, la base de datos que se va a analizar cambia significativamente (Cuadro 30), debido a que no se tienen 10 variables como en el análisis inicial, sino 5, resultado de la correlación existente entre las variables de complejidad, completitud y oportunismo. En adelante el modelo se basa en el estudio del factor fct2_p, el cual explica el 78% del comportamiento de las variables de completitud contractual. En éste se tiene en cuenta, dada la ecuación que lo origina, que a mayor puntaje, mayor grado de completitud contractual. Por otro lado, fct_w1 y fct_w2 muestran el comportamiento de las variables de complejidad ambiental. En este caso, el grado de la complejidad depende inversamente del valor de fct_w1 y positivamente de fct_w2. Por último, para expresar el oportunismo se utilizan las dos variables originales, dado el resultado del análisis factorial: a mayor L1, menor oportunismo, y a mayor L2, mayor oportunismo.

Cuadro 30
Base de datos

Proyecto	fct2 p	fct w1	fct w2	L1	L2
INS Luis	-1,08768	-0,99163	-0,21301	6	4
INS Luis	-0,3094	-0,93209	-0,28172	6	4
Cenicafé	-2,02601	-2,17835	2,93582	7	7
Cenicafé	-1,69491	-0,79218	0,82358	7	7
Cenicafé	-1,39129	-0,63438	0,91047	6	6
Cenicafé	-1,69491	-0,79218	0,82358	7	7
Corpoica	-0,39798	-0,53883	-0,25644	6	7
Corpoica	0,21473	-0,81569	-0,20591	5	7
Corpoica	0,3583	-0,81569	-0,20591	5	7
Corpoica	1,12008	-0,6713	-2,70913	7	7
Cristina	1,12008	...	...	4	1
Cristina	1,12008	-0,61177	-2,77783	7	4
Cristina	0,03269	-1,02291	-1,78469	7	7
FIIC Edi	-1,0327	-0,44833	-0,64304	7	7
FIIC Edi	-0,25994	-0,44833	-0,64304	7	7
FIIC Edi	-0,56904	-0,45339	0,13726	7	7
FIIC Mon	-1,0327	0,02506	-0,38239	7	7
FIIC Esp	-0,56904	0,18286	-0,29551	7	7
FIIC Mar	-1,0327	0,0408	0,10491	6	7
FIIC Mar	-1,0327	-0,39386	0,06856	7	7
FIIC Ang	-1,0327	-0,231	-0,62487	7	7
Corpoica	0,97102	1,20492	0,64438	1	7
Corpoica	0,82196	1,20492	0,64438	1	7
Corpoica	0,82196	1,15044	-0,06721	1	7
Corpoica	0,82196	1,20492	0,64438	1	7
Corpoica	0,97102	1,20492	0,64438	1	7
Corpoica	0,97102	1,20492	0,64438	1	7
Corpoica	0,82196	1,15044	-0,06721	1	7
Corpoica	0,97102	1,15044	-0,06721	1	7
Corpoica	1,12008	1,15044	-0,06721	1	7
Corpoica	0,97102	1,15044	-0,06721	1	7
Corpoica	1,12008	1,15044	-0,06721	1	7
Corpoica	1,12008	1,15044	-0,06721	1	7
Corpoica	0,97102	1,20492	0,64438	1	7
Univ.	-0,13834	-0,29559	0,22415	5	7
Univ.	-0,56904	-0,42482	0,38645	3	7
Univ.	-0,56904	-2,03902	1,2129	4	6

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

2.3.2 Análisis econométrico

En esta parte del análisis se van a utilizar diferentes modelos econométricos, basados en los resultados del análisis factorial, para encontrar la relación entre la completitud contractual, como la variable dependiente, y la complejidad ambiental y el oportunismo, como variables independientes. La hipótesis que se va a probar es:

$$Completitud = f(complejidad, oportunismo)$$

2.3.2.1 Modelo 1

$$fct2_p = f(W1, W2, W3, W4; L1, L2)$$

En la primera regresión planteada se tiene en cuenta el comportamiento de fct2_p (variable dependiente), como una función lineal de todas las variables originales. Dado que los resultados para las variables W3 y L2 no fueron significativos para el modelo, se decidió excluirlas. Entonces, al hacer una nueva regresión, sin estas dos variables, se obtuvieron los resultados que muestran los cuadros 31 y 32.

**Cuadro 31
Resumen del modelo**

Model	R	R Square	Adjusted R Squared	Std. Error of the Stimae	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	0,955*	0,913	0,902	0,3136718	0,913	83,473	4	32	0,000

* Predictors: (Constant), L1, W4, W2, W1.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

**Cuadro 32
Coeficientes***

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	2,513	0,488	...	5,147	0,000	...	...	...
	W1	-0,198	0,059	-0,396	-3,335	0,002	0,681	-0,508	-0,174
	W2	-0,287	0,061	0,364	4,725	0,000	0,582	,0641	0,247
	W4	-0,411	0,046	-0,515	-9,027	0,000	-0,400	-0,847	-0,472
	L1	-0,389	0,037	-1,033	-10,488	0,000	-0,741	-0,880	-0,548

* Dependent variable: fctz_p.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Las pruebas de rigor del modelo, como el R², la prueba F y las t para cada variable, presentan resultados satisfactorios. Por otro lado, la correlación entre las variables dependientes indica una posible colinealidad

entre éstas. Dados los coeficientes de cada variable, se puede decir que W2, W4 y L1 cumplen con la hipótesis planteada en este trabajo. Por otro lado, W1 no muestra resultados satisfactorios.

2.3.2.2 *Modelo 2*

$$fct2_p = f(ft_w1^+, ft_w2^-, L1, L2^+)$$

El segundo modelo planteado es una función lineal en la que los factores que explican la complejidad y las variables de oportunidad son tomadas como explicativas. Los resultados en este modelo se encuentran en los cuadros 33 y 34, donde se puede ver que las pruebas de rigor se encuentran en los niveles deseados, por lo que se puede decir que la completitud del contrato sí es explicada en un 87,5%, por la complejidad y el grado de oportunidad. No obstante, el modelo presenta una limitación en la correlación existente entre las

variables, lo que indica colinealidad entre éstas.

Las betas halladas en la regresión muestran que las variables *fct_w2*, *L1* y *L2* cumplen con la hipótesis planteada; mientras *fct_w1* tiene un signo inverso al deseado. Además, *fct_w1* y *L2* no cumplen con la prueba del *t* estadístico, por lo que pueden ser excluidas de análisis.

En resumen, el nivel de colinealidad y el tener que excluir dos variables, como *fct_w1*, la cual explica el 55,1% del comportamiento de la complejidad, y *L2* son limitantes para tomar este modelo como satisfactorio, aunque da información muy valiosa como el *R*².

Cuadro 33
Resumen del modelo

Model	R	R Square	Adjusted R Squared	Std. Error of the Stimite	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df 1	df 2	Sig. F Change
2	0,943*	0,889	0,875	0,3527097	0,889	62,004	4	32	0,000

* Predictors: (Constant), *L2*, *L1*, *fct_w2*, *fct_w1*.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 34
Coefficientes*

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
2	(Constant)	1,251	0,524	...	2,389	0,023	...	...	...
	<i>fct_w1</i>	-0,116	0,122	-0,116	-0,950	0,349	0,718	-0,168	-0,057
	<i>fct_w2</i>	-0,623	0,072	0,625	-8,651	0,000	-0,343	-0,841	-0,518
	<i>L1</i>	-0,371	0,045	-1,004	-8,320	0,000	-0,751	-0,831	-0,498
	<i>L2</i>	4,882E-02	0,079	0,042	0,615	0,543	0,082	0,110	0,037

* Dependent variable: *fct2_p*.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

2.3.2.3 *Modelo 3*

Por el nivel de colinealidad presentado en los modelos expuestos, se realizó una separación que intenta tomar la completitud como dos funciones aisladas, una de ellas depende de la complejidad, y la otra, del oportunismo.

$$2.3.2.3.1 \text{ fct2_p} = f(\overset{+}{\text{fct_w1}}, \overset{-}{\text{fct_w2}})$$

Este modelo describe la relación entre la completitud y la complejidad expresada en los

resultados de los cuadros 35 y 36. Como se puede observar, el R^2 cae pero no deja de ser significativo, ya que estas dos variables explican el 61% de la variabilidad de la completitud. Por otro lado, tanto los estadísticos t y F tienen una probabilidad menor de 0,05, lo cual muestra que las betas son significativas. La prueba de colinealidad es satisfactoria, como debe ser, ya que teóricamente los factores no deben presentar la colinealidad. Al analizar las betas se observa que fct_w1 y fct_w2 presentan el valor que se desea, por lo cual van acorde con la hipótesis planteada.

**Cuadro 35
Resumen del modelo**

Model	R	R Square*	Adjusted R Squared	Std. Error of the Stimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
3.1	0,796**	0,633	0,611	0,6123794	0,633	29,326	2	34	0,000

* For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept

** Predictors: fct_w2 y fct_w1 .

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

**Cuadro 36
Coeficientes^{*,**}**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
3.1	fct_w1	0,715	0,104	0,718	6,909	0,000	1,000	1,000
	fct_w2	-0,342	0,104	-0,343	-3,304	0,002	1,000	1,000

* Dependent variable: fct2_p .

** Linear regression through the origin.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

$$2.3.2.3.2 \text{ fct2_p} = f(\overset{-}{L1}, \overset{+}{L2})$$

La segunda parte relaciona la completitud con el oportunismo. Los resultados se en-

cuentran en los cuadros 37 y 38, donde la única variable dependiente es $L1$, ya que en un análisis inicial $L2$ ha presentado una prueba t con una probabilidad de 0,088.

Esto ligeramente supera el umbral permitido del 95% de confianza de que el coeficiente de L2 no sea igual a cero. Como se

ve, la prueba F y los estadísticos *t* son confiables y el coeficiente beta va acorde con la hipótesis.

Cuadro 37
Resumen del modelo

Model	R	R Square	Adjusted R Squared	Std. Error of the Stimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
3.2	0,741*	0,549	0,536	0,810348	0,549	42,618	1	35	0,000

* Predictors: (Constant), L1.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Cuadro 38
Coefficientes*

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
3.2	Constant	1,206	0,216	...	5,583	0,000	...	...
	L1	-0,279	0,043	-0,741	-6,528	0,000	1,000	1,000

*Dependent variable: fct2_p.

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

2.3.2.4 Resultados finales

Tomando en cuenta los resultados más significativos de cada uno de los modelos se concluye que:

- El R² de los dos primeros modelos muestra que aproximadamente el 90% de la varianza de las variables de completitud es explicada por la complejidad y el oportunismo.
- La prueba F de todos los modelos es significativa, por lo cual se puede decir que los resultados estadísticos de cada modelo son confiables.
- La colinealidad entre la complejidad y el oportunismo muestra que existe una rela-

ción entre ellas, lo que originaría otro análisis económico y econométrico.

- Los coeficientes del último modelo están acordes con la hipótesis planteada, por lo que se puede decir que el grado de la completitud de un contrato depende negativamente del grado de la complejidad ambiental, y positivamente del grado del oportunismo.

3. Discusión

Los datos empíricos validan el modelo teórico de la integración vertical y subcontratación. Efectivamente, cuando la complejidad ambiental sube, el grado de la completitud contractual baja. Esto es un resultado teóri-

co, porque los agentes tratan de disminuir los costos de transacción. El ambiente de incertidumbre rodea el sector y cuando se inicia un proyecto de investigación, no se sabe a ciencia cierta cuál va a ser su resultado. Al disminuir el grado de la completitud, aparece el peligro del oportunismo, lo que sube los costos de transacción.

En esta situación cabe esperar que las partes traten de disminuir los efectos del oportunismo y de dichos costos y, en cambio, busquen establecer mejores salvaguardas. ¿Qué son las salvaguardas? Son dispositivos contra el oportunismo, por ejemplo, la amistad. No es casual que en los dos casos los encuestados indicaron que el comprador conocía y tenía relaciones amistosas con los investigadores, incluso antes de encargarse del desarrollo del proyecto. Sin embargo, se ve que la amistad no es una salvaguarda lo suficientemente fuerte, y las empresas optan por la estrategia que resuelve el problema del oportunismo de manera definitiva: la integración vertical. Cuanto más delicada y compleja es la operación, más probable es que las organizaciones la realicen con sus propias fuerzas sin confiar en los contratistas independientes.

Resultado es que la producción innovadora para la cual son típicos altos índices de complejidad ambiental se realiza en Colombia en el marco de las empresas integradas verticalmente, que confían en su propia capacidad de investigación. El estudio demostró que la subcontratación funciona bien solamente si se utiliza la economía de escala y cuando el producto o servicio que se subcontrata es conocido y, por lo tanto, se puede aplicar el contrato completo. La investiga-

ción que pretende crear un nuevo conocimiento o producto no funciona con la subcontratación. La compra del producto o proceso novedoso desarrollado por una empresa extranjera no siempre es práctica, porque un proceso que funciona en Francia no necesariamente va a funcionar en Colombia, sin costosas adaptaciones y aprendizaje del conocimiento tácito.

Cuando las ventajas de la economía de escala no son obvias, la primera opción es hacer lo máximo en casa, y cuando se trata de un desarrollo de un nuevo producto o proceso, ni siquiera las consideraciones de escala se toman en cuenta; lo único que predomina en la decisión son las consideraciones de la confidencialidad, el control tanto de los resultados como del proceso, al igual que de los plazos del desarrollo. Este grado del control se puede lograr solamente en caso del desarrollo interno, por lo cual la opción de subcontratar la investigación de productos nuevos a los laboratorios universitarios no se ve como viable. Esto debilita el sector y lo priva de la flexibilidad requerida.

Aunque el resultado es teórico, no deja de ser desilusionador. Cuando la industria colombiana abandona el mercado y prefiere desarrollar las innovaciones internamente, esto genera ineficiencias y resulta en un mínimo desarrollo de la biotecnología, que es algo que notan unánimemente todos los expertos entrevistados. Las fuentes de las ineficiencias son dos: la falta de la economía de escala y los incentivos de baja potencia, típicos para las jerarquías.

Al intentar producir las innovaciones internamente, las organizaciones se ven obliga-

das a desarrollar ciertas capacidades que pueden ya existir en el mercado. Sin embargo, las organizaciones prefieren desarrollarlas, porque no pueden confiar en el contrato incompleto, que es la única forma contractual existente para la generación del conocimiento. La posibilidad de desarrollar la cultura organizacional común entre los investigadores, la posibilidad tanto de controlarlos como de intervenir en el proceso de la investigación y la necesidad de garantizar la absoluta confidencialidad empiezan a pesar para los gerentes, más que las consideraciones de la eficiencia en costos y la economía de escala. Resulta más atractivo llevar a cabo un desarrollo propio no muy eficiente, pero seguro y hecho a la medida, que comprar uno que sí lo sea, pero no ajustado a las condiciones concretas de la planta y que posiblemente va a requerir ajustes y gastos adicionales, según Cristina Brusco de Meristemas, una de las personas encuestadas por los autores.

Otra ineficiencia que hemos observado es el uso de los incentivos de baja potencia. Según Williamson (1983), las jerarquías no son capaces de generar los incentivos fuertes, porque confían en la figura del contrato laboral. Estos contratos proporcionan cierta seguridad y estabilidad, lo que disminuye los incentivos de los empleados a elevar la productividad. Se necesitan unos insumos adicionales, como el liderazgo, para mantener alta la motivación de los empleados. La competencia en el mercado y la perspectiva de conseguir las utilidades funciona como un incentivo de alta potencia. Las organizaciones colombianas que confían en la investigación interna actúan de manera teóricamente previsible y subutilizan los incentivos de alta potencia del mercado.

¿Que modificaciones institucionales sugiere la teoría para abrir el camino al desarrollo de la biotecnología en Colombia? El cambio institucional tiene que estar asociado con unos dispositivos que neutralicen el oportunismo sin el remedio fuerte de la integración vertical. Uno es el respeto a la propiedad intelectual. ¿Qué efecto ejerce un régimen de apropiación más fuerte? El comprador va a tener más incentivos de encargar el desarrollo de una mayor gama de productos y procesos a los laboratorios universitarios si cuenta con que la libertad de los investigadores de entregar el conocimiento a su competencia está limitada por la ley.

No en vano el país que mayores avances ha hecho en la materia de la biotecnología (Estados Unidos) es el que cuenta con el sistema más desarrollado de protección de la propiedad intelectual. La protección legal tiene sus limitaciones. Los competidores pueden aprovechar la información abierta que se exige para registrar una patente para descubrir la idea que se pretende ocultar. A veces mantener el secreto es imposible, porque los productos se venden y los competidores pueden hacer la 'ingeniería inversa'. En general, aquí se aplica la paradoja de Arrow: para vender un invento, los inventores deben descubrir algo de la información sobre el invento; pero, descubierta la idea, los compradores adquieren la idea sin costo (Fransman, 1991).

Una de las formas de superar el problema del oportunismo es que los mismos académicos que realizan la investigación básica formen empresas de biotecnología. Una vez acumulada la masa crítica de conocimientos, los científicos pueden crear su propia

empresa, con miras a explotar comercialmente sus hallazgos. Esto resuelve el problema del oportunismo y los costos de transacción *ex post*, porque no requiere transferencia del conocimiento ni complejas garantías legales, igual impotentes frente al conocimiento tácito.

La inclinación de los investigadores de formar sus propias empresas se vuelve un elemento que puede explicar la dinámica del sector. Esta inclinación en Colombia es baja. En la muestra analizada se puede identificar claramente sólo una empresa (Corpogen), que ha sido formada por los académicos. Con el tema de la formación de empresas están asociados dos problemas: el del capital de riesgo y el de seguridad social. Las posibles medidas que apuntan a hacer el mercado de capital en Colombia más transparente y participativo van a facilitar la creación de empresas por los académicos y la superación de los costos de transacción *ex post*. En el mismo sentido va a actuar una ampliación de la institución de la seguridad social. Las actitudes empresariales van a manifestarse más si las personas saben que incluso en caso del fracaso de su empresa existe un colchón de seguridad en forma de subsidio de desempleo y otras garantías sociales y económicas.

Colombia no es el único país en el mundo donde el capital de riesgo no es fácil de conseguir. Compartimos esta circunstancia con Europa y Japón, además de una larga lista de países del Tercer Mundo. ¿Cómo hacen estos últimos países para desarrollar la biotecnología? Fransman (1991) muestra dos casos exitosos de Cuba y Brasil. En ambas situaciones el denominador común de su

política ha sido la creación de un ambiente institucional que disminuía los costos de transacción en el sector de biotecnología, particularmente los costos *ex post*.

Fransman (1991) muestra que la existencia de una tradición científica sólida en las ciencias de la vida facilita el desarrollo del sector. Sin embargo, la escasez de ‘mentes brillantes’ no es una limitante, porque los científicos se preparan relativamente rápido en el exterior. La verdadera limitante son las estructuras organizacionales que determinan los incentivos de las personas. En Cuba y en Brasil los que lideran los programas de biotecnología son los gobiernos. En Cuba, la industria de biotecnología se ha construido en torno al programa de la producción del interferón, y en Brasil, en torno al etanol. La existencia de un programa estatal desempeña un papel teórico importante. El Estado garantiza que los productos de la investigación van a tener una demanda asegurada. Esto permite disminuir el oportunismo entre las empresas productivas y los laboratorios de investigación.

Un oportunismo menor permite aceptar contratos menos completos y más baratos, porque no requieren dispositivos legales sofisticados. La teoría dice que si el oportunismo está restringido, existen incentivos para utilizar el mercado como mecanismo de la gobernación de las transacciones, para subcontratar y, en general, para confiar en la colaboración con otros centros de investigación. Es decir, en vez de los celos mutuos, la confianza, y en vez de la producción nacional a cualquier costo, las economías de escala. La misma lógica está utilizando Japón, donde el mercado tampoco ofrece capitales

de riesgo y la única oportunidad de superar las consecuencias negativas de la incompletitud contractual consiste en la acción integradora del gobierno. Colombia podría seguir este camino. Las personas encuestadas, por ejemplo Luis Alberto Gómez, del Instituto Nacional de Salud (INS), evalúan el estado de la biotecnología en Colombia como incipiente; mientras que el nivel científico individual de investigadores colombianos se evalúa como bueno y se piensa que son competitivos internacionalmente.

Parece que el problema no son las personas, sino las instituciones, que no crean los incentivos necesarios para que estas personas desarrollen sus capacidades. Para lo cual se necesita que Colciencias no sólo formule las políticas generales y ofrezca fondos a laboratorios de investigación que trabajan de manera aislada, sino proponga un programa nacional de la creación de un producto biotecnológico comercial determinado. Este programa debería reunir los recursos intelectuales y económicos disponibles en el sector y proporcionarles la certeza de trabajar en un producto necesario para el país, que tenga un mercado garantizado.

Un programa nacional a largo plazo, realizado por el Estado mismo, con la asistencia de empresas privadas, permitiría a los investigadores trabajar con un horizonte largo de planeación en un ambiente menos incierto. Así, una menor incertidumbre va a permitir que los laboratorios de investigación y los investigadores individuales hagan mayor inversión específica en las máquinas y en su propia formación, sin preocuparse por el posible *hold up*. De igual forma, una menor incertidumbre permitiría una contra-

tación más completa y menores costos de transacción *ex post*.

El hecho de que diferentes investigadores trabajen para el mismo objetivo va a disminuir el miedo del oportunismo y la necesidad de dispositivos protectores contra la reducción de los costos de transacción *ex ante* y *ex post*, lo cual va a hacer posible que se lleve a cabo la innovación, que de otra manera no se va a dar. Dado esto, la ingeniería genética no se practica en Colombia. Como dijo Cristina Brusco, la gerente de la empresa Meristemas, durante la entrevista concedida a los autores: “es costoso y riesgoso. [La] demanda no está garantizada porque el régimen de apropiación es débil”.

En Colombia no hay cultura de pagar las regalías por uso de la propiedad intelectual, y sólo la demanda de productos biotecnológicos sofisticados va a aparecer cuando los agricultores colombianos sean expuestos a la presión de la competencia. Sin embargo, existe un área de biotecnología donde las empresas colombianas compiten y se sienten seguras. Es la micropropagación de las plantas usadas en la agricultura. Este proceso se da de manera natural, a través de las semillas. El defecto consiste en que las plantas suelen contagiarse por virus y hongos. La propagación natural propaga, además de la planta misma, los virus y los hongos que la han infectado. Para tener alta calidad y productividad, la agricultura se ve obligada a usar las plantas propagadas por métodos biotecnológicos, que pueden garantizar la limpieza biológica del material. Sin embargo, es tan sólo por la competencia que los floricultores se han visto obligados a dirigirse a los micropropagadores, ya que la

competencia ecuatoriana ha elevado el nivel mínimo de calidad y la propagación natural de flores ha dejado de ser eficiente. Lo mismo se espera va a ocurrir con la ingeniería genética, pero no por ahora.

Las entrevistas realizadas también confirman la intuición que surge cuando uno analiza la literatura. Estos estudios sobre los problemas del sector enfocan la biotecnología en Colombia como una actividad cuyos aspectos relevantes incluyen la investigación científica, la regulación legal y, tal vez, la ética. Los aspectos económicos y organizacionales, al parecer, no son relevantes porque prácticamente no se mencionan (Aramendis y Hodson, 1996; Szabo, 1995). La revista *Biotecnología*, de la Universidad Nacional de Colombia (líder en el tema), está en un 100% dedicada a los temas técnicos biológicos y de ingeniería, y ni siquiera menciona la gestión. Esta preocupación está reflejada en Castellanos y Montoya (2001), quienes plantean la necesidad de estudios de la estructura y gestión en el sector.

Conclusiones

Los datos empíricos validan el modelo teórico de la integración vertical y subcontratación. Para disminuir los efectos del oportunismo, las empresas del sector buscan establecer mejores salvaguardas. En todos los casos, los encuestados indicaron que el comprador conocía y tenía las relaciones amistosas con los investigadores, incluso antes de encargarles el desarrollo del proyecto. Sin embargo, se ve que la amistad no es una salvaguarda lo suficientemente fuerte, y por ello las empresas optan por la estrategia que resuelve el problema del

oportunismo de manera definitiva: la integración vertical.

Cuanto más delicada y compleja es la operación, más probable es que las organizaciones la realicen con sus propias fuerzas, sin confiar en los contratistas independientes. La producción innovadora se realiza en Colombia en el marco de las empresas integradas verticalmente, que confían en su propia capacidad de investigación. La subcontratación funciona bien sólo en las áreas del soporte, como el control de calidad, la identificación de una bacteria, etc. Cuando la industria colombiana abandona el mercado y prefiere desarrollar las innovaciones de manera interna, se generan ineficiencias de dos tipos: el sector subutiliza la economía de escala y aplica los incentivos de baja potencia típicas para las jerarquías.

En esta relación se pueden sugerir siguientes medidas dirigidas a producir un cambio institucional favorable al sector:

- Respeto a la propiedad intelectual y la creación de un régimen de apropiación de la innovación más fuerte.
- Creación de las condiciones para formar empresas de biotecnología por parte de los académicos que realizan la investigación básica.
- Creación de un sistema de protección social que funcione como dispositivo que baja el riesgo de los emprendedores de base biotecnológica.
- Creación de un mercado de capital más transparente y de las posibilidades, para que empresas de biotecnología puedan cotizar en la bolsa y conseguir así el capital de riesgo.

- Liderazgo del gobierno en el desarrollo de un proyecto biotecnológico industrial de escala nacional.
- Inclusión de los temas organizacionales y de gestión en el abanico de proyectos biotecnológicos que financian Colciencias y las universidades.

Lista de referencias

- Aramendis, R. y Hodson E. (Eds.). (1996). *Biotecnología: cinco años de investigaciones en Colombia 1991-1995*. Bogotá: Colciencias.
- Casper, S. y Kettler, H. (2001). National institutional frameworks and the hybridization of entrepreneurial business models: The German and UK biotechnology sectors. *Industry and Innovation*, 8 (1), 5-30.
- Castellanos, O. y Montoya, A. (2001). Biogestión. *Innovar* 18, 55-70.
- Coase, R. (1994). La naturaleza de la empresa. En: *La empresa, el mercado y la ley* (pp. 33-49). Madrid: Alianza.
- Crocker, K. y Reynolds, K. (1993). The efficiency of incomplete contracts: An empirical analysis of the air force procurement. *Rand Journal of Economics*, 24 (1), 126-146.
- Fransman, M. (1991). *Biotechnology: Generation, diffusion and policy*. Maastricht: University INTECH.
- Furubotn, E. y Richter, R. (1998). *Institutions and economic theory*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- González, O. y Aguilar, A. (2004). La innovación en Colombia: ¿una realidad? *Thomson Business Journal*, 3, 80-86.
- Gorbaneff, Y. (2002). Condiciones de integración vertical y subcontratación. En *Anais SIMPOI 2002. V Simposio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais* (pp. 1-25). Sao Paulo: Escuela de Administración de Empresas de la Fundación Getulio Vargas de Sao Paulo.
- Grossman, S. y Hart, O. D. (1986). The costs and benefits of ownership: A theory of vertical and lateral integration. *Journal of Political Economy*, 94 (4), 691-719.
- Johnson, R. (2002). *Applied multivariate statistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kranton, R. y Minehart, D. (2001). A theory of buyer-seller networks. *The American Economic Review*, 91 (3), 323-343.
- Lewontin, R. C. (1998). The maturing of capitalist agriculture: Farmer as proletarian. *Monthly Review*, 50 (3), 72-84.
- Loannes, A. (2000). Biotecnología en Chile: ¿mito o realidad? En: R. Aramendis, y O. Ocando (Eds.), (2000). *Experiencias en biotecnología: empresas y centros de vinculación universidad-empresa en América Latina y el Caribe*. Bogotá: Colciencias-OEA.
- Malaver, F. y Vargas, M. (2004). Los procesos de innovación en la industria colombiana. *Cuadernos de Administración*, 17 (28), 9-52
- Manly, B. (1994). *Multivariate statistical methods*. London: Chapman.
- Paroush, J. y Prager, J. (1999). Criteria for contracting-out decisions when contractors can deceive. *Atlantic Economic Journal*, 27 (4), 376-384.

- Pisano, G. (1990). The R&D boundaries of the firm: An empirical analysis. *Administrative Science Quarterly*, 35 (1990), 153-176.
- Richardson, G. (1972). The organization of industry. *Economic Journal*, 82, 883-896.
- Russell, A. (1999). Biotechnology as a technological paradigm in the global knowledge structure. *Technology Analysis & Strategic Management*, 11 (2), 235-254.
- Saussier, S. (2000). Transaction cost and contractual incompleteness: The case of Electricite de France. *Journal of Economic Behaviour and Organization*, 42, 189-206.
- Schumpeter, J. (1968). La teoría económica y la historia empresarial. En: *Ensayos*. Barcelona: Oikos.
- (1975). *Capitalism, socialism and democracy*. New York: Harper.
- Simon, H. (1972). *El comportamiento administrativo*. Madrid: Aguilar.
- Szabo, Z. (1995). Gestión de la innovación tecnológica en biotecnología. En: R. Aramendis y E. Hodson (Eds.), (1995). *Biotecnología: legislación y gestión para América Latina y el Caribe*. Bogotá: Colciencias-OEA.
- Teece, D. (2000). *Managing intellectual capital*. New York: Oxford University Press.
- Williamson, O. (1983). *Markets and hierarchies: Analysis and antitrust implications, a study in the economics of internal organization*. New York: Free Press.
- (1989). *Las instituciones económicas del capitalismo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- (1991). Comparative economic organization: The analysis of discreet structural alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 36, 269-296.

Anexo

Las entidades que participaron en la encuesta

Organizaciones	Área de interés
Vecol	Vacunas
INS Luis Alberto Gómez	Plagas especializadas
Cenicafé Luis Moreno	Roya
Cenicafé Luis Moreno	Citogenética
Cenicafé Alex Bustillo	Insectos
Cenicafé Luis Moreno	Plagas
Corpoica Alba Marina Cotes	Plagas
Cristina Brusco	Micropropagación
FIIC Edith Hernández	Citogenética
FIIC Edith Hernández	Genes inmunoglobulinas
FIIC Edith Hernández	<i>Teishmonia</i>
FIIC Mónica Estupiñán	Clonación
FIIC Esperanza Trujillo	Clonación
FIIC Mary Helena Torres	Péptidos
FIIC Marta Lucía Pinto Carrillo	Cromatografía
FIIC Ángela Torres	Péptidos
Corpoica Víctor Núñez	Germoplasama
Corpoica Víctor Núñez	Barrido molecular
Corpoica Víctor Núñez	Cultivo de tejidos
Corpoica Víctor Núñez	Genotipos
Corpoica Víctor Núñez	Sexo papaya
Corpoica Víctor Núñez	Almidones
Corpoica Víctor Núñez	Genotipo
Corpoica Víctor Núñez	Cepas
Corpoica Víctor Núñez	Híbridos
Corpoica Víctor Núñez	Variedades genéticas
Corpoica Víctor Núñez	Microingertación

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Formulario de la encuesta

La información recogida por medio de la presente encuesta va a ser utilizada exclusivamente con fines académicos. Los resultados de la investigación van a ser presentados a su organización. En la publicación se va a dar crédito a su organización.

Nombre de la persona entrevistada: _____

Nombre de la organización: _____

Sector industrial al que pertenece: _____

Posición en la cadena productiva respecto a este proyecto (favor llenar una ficha por cada proyecto de investigación): _____

Comprador (organización que subcontrata el desarrollo del producto o proceso con terceros): _____

Contratista (organización que desarrolló el producto o proceso por encargo del comprador): _____

Comprador+contratista (organización verticalmente integrada que desarrolla ella misma el producto o proceso): _____

Nombre y una descripción breve del proyecto que desarrolla: _____

Nombre de la organización que es su contraparte en el proyecto (si aplica): _____

Sector industrial a que pertenece su contraparte (si aplica): _____

La duración total del proyecto en meses: _____

Fecha: _____

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en 2002-2003.

Ítem	Estoy de acuerdo		Parcialmente de acuerdo		No estoy de acuerdo		
	7	6	5	4	3	2	1
W1. El producto o proceso que se pretende desarrollar es relativamente sencillo	7	6	5	4	3	2	1
W2. Los principios científicos en los cuales está basado el producto o proceso que se pretende desarrollar están bien estudiados y comprendidos	7	6	5	4	3	2	1
W3. En el transcurso del proyecto han surgido imprevistos que han obligado a reconsiderar plazos y costos	7	6	5	4	3	2	1
W4. La suerte es un componente importante en el éxito del proyecto	7	6	5	4	3	2	1
P1. El contrato con los investigadores permite formular con precisión todas las especificaciones del producto o proceso que ellos van a desarrollar	7	6	5	4	3	2	1
P2. Si en el transcurso del proyecto surgen circunstancias y gastos imprevistos, las condiciones se renegocian, pero los investigadores no pagan multa	7	6	5	4	3	2	1
P3. El comprador está autorizado a realizar el seguimiento y control permanente del trabajo que realizan los investigadores	7	6	5	4	3	2	1
P4. Si en el transcurso del proyecto surgen circunstancias imprevistas que obligan a extender el plazo, las condiciones se renegocian, pero los investigadores no pagan multa	7	6	5	4	3	2	1
L1. Las relaciones entre el comprador y los investigadores han sido amistosas siempre, incluso antes de la realización del presente proyecto	7	6	5	4	3	2	1
L2. La relación existente entre el comprador y los investigadores permite mantener la confidencialidad en un 100%	7	6	5	4	3	2	1
ESCALA. Si el comprador desarrolla este producto o proceso internamente, le va a salir más caro que si lo subcontratan con una entidad científica especializada	7	6	5	4	3	2	1
IMPORT. El producto o proceso que desarrollan los investigadores tiene una importancia crítica para el éxito del comprador	7	6	5	4	3	2	1
USO. El producto o proceso desarrollado se usa con éxito en la industria	7	6	5	4	3	2	1