



La calidad ambiental como variable estratégica en cadenas agroalimentarias con tecnologías continuas

Gerardo Jiménez*

Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), Universidad Nacional, Costa Rica. Apartado Postal: 2393-3000 Costa Rica

gjimene@una.ac.cr

Wim Pelupessy

Instituto de Estudios para el Desarrollo (IVO), Universidad de Tilburg, Holanda. PO Box 90153, 5000 LE Tilburg, Holanda

pelupessy@uvt.nl

Fecha de recepción: 17/04/2008. Fecha de aceptación: 30/06/2008

Resumen

El objetivo de este artículo es desarrollar una metodología que permita evaluar las ventajas del mejoramiento estratégico de la calidad ambiental a lo largo de las cadenas agroalimentarias con tecnologías continuas. El desarrollo metodológico se lleva a cabo complementando el enfoque de las Cadenas Globales de Mercancías (CGM) con la teoría de juegos. En el artículo se hace una aplicación a la cadena global del café de Costa Rica. Específicamente el análisis se concentra en las potencialidades de cooperación con el fin de mejorar la calidad ambiental en las fases de producción agrícola y beneficiado; sin embargo, se pretende que la metodología desarrollada pueda ser aplicada al análisis de otras fases en la misma cadena o a otras cadenas de tecnologías continuas de diferente complejidad.

Se hace una definición de las opciones tecnológicas en función de la calidad ambiental de los procesos de producción agrícola y beneficiado de café y se concluye que en la industria cafetalera se aplican *tecnologías continuas*. Esto significa que la intensidad en el uso de los insumos relevantes en el cultivo y beneficiado puede variar de manera continua, con lo cual el impacto ambiental también variará continuamente, según el tipo de tecnología utilizada.

Palabras clave: Cadenas agroalimentarias, teoría de juegos, tecnologías continuas, café, calidad ambiental.

Abstract

The main objective of this article is to develop a methodology to assess the advantages of strategically improving the environmental quality along global agro-food chains with continuous technologies. The methodology is developed by complementing the Global Commodity Chains Approach (GCC) with the Games Theory. An application to the global coffee chain in Costa Rica is made, specifically in studying the potentials for cooperation towards improving the environmental quality in the cultivation and first processing stages. However, we expect the methodology can be applied to other stages of the same chain or to other chains of continuous technologies and different levels of complexity.

A definition of the technological options as a function of the environmental quality is made for the cultivation and first processing stages of the coffee chain. It is concluded that the coffee industry applies *continuous technologies*, which means that the intensity in the use of the relevant inputs in the cultivation and first processing stages can vary in a continuous manner; then, the environmental impact can vary in a continuous manner as well, according to the technology used.

Key words: Global agro-food chains, games theory, continuous technology, coffee, environmental quality.

* Autor de contacto



Introducción

El objetivo de este capítulo es desarrollar una metodología que permita evaluar las ventajas del mejoramiento estratégico de la calidad ambiental a lo largo de las cadenas agroalimentarias. El desarrollo metodológico se lleva a cabo complementando el enfoque de las Cadenas Globales de Mercancías (CGM) con la teoría de juegos. El primero nos permite caracterizar el proceso global de producción, transformación y comercialización de un producto específico, desde la producción agrícola hasta el consumo final, así como ubicar los distintos mercados presentes y las dinámicas de poder en la cadena global. La teoría de juegos, por su lado, nos permite formular hipótesis de comportamiento estratégico por parte de los diferentes agentes y de esta forma analizar las relaciones de competencia y cooperación entre ellos. En el capítulo se hace una aplicación a la cadena global del café de Costa Rica. Específicamente el análisis se concentra en las potencialidades de cooperación con el fin de mejorar la calidad ambiental en las fases de producción agrícola y de primer procesamiento o beneficiado; sin embargo, se pretende que la metodología desarrollada pueda ser aplicada al análisis de otras fases en la misma cadena o a otras cadenas de tecnologías continuas de diferente complejidad.

Para el análisis del comportamiento estratégico se toma como variable clave la calidad ambiental de las tecnologías disponibles. En este sentido, se hace una definición de las opciones tecnológicas tomando en cuenta la calidad ambiental de los procesos de producción agrícola y de primer procesamiento de café y los mercados disponibles.

El documento inicia con una caracterización de las opciones tecnológicas en los segmentos nacionales de esta cadena considerando la calidad ambiental y las opciones existentes de mercado (sección 1). En la sección 2 se realiza un análisis de los costos y beneficios esperados del cambio tecnológico a favor del ambiente, a partir del cual en la sección 3, se desarrolla un modelo

metodológico que permite identificar las ventajas del mejoramiento estratégico de la calidad ambiental en las etapas de producción agrícola y primer procesamiento, considerando el papel estratégico que juega este último en la cadena. El modelo consiste en el desarrollo de un juego de coordinación vertical entre productores agrícolas y procesadores de café. Las principales conclusiones, así como algunas recomendaciones acerca de cómo incentivar el cambio de tecnologías a favor del ambiente son presentadas en la sección 4.

1. Continuidad tecnológica en el cultivo y beneficiado de café

El impacto ambiental negativo que resulta de las fases del cultivo y beneficiado de café, representa un costo para los países productores². En los últimos años ha existido una tendencia a considerar cada vez con mayor relevancia los requisitos ambientales en los mercados internacionales. Estas mayores exigencias se ven reflejadas en el endurecimiento de las normativas ambientales internacionales y en las regulaciones propias de los principales mercados de exportación, a tal punto que cada vez más se están convirtiendo en requisitos de entrada a mercados tales como Estados Unidos y la Unión Europea (Alonso 2006). En este sentido, estrategias empresariales que busquen aumentar la calidad ambiental de café contribuirán a la reducción del riesgo de exclusión de mercado. Por otro lado, la tendencia hacia mayores exigencias ambientales también se refleja en los mayores precios que algunos consumidores están dispuestos a pagar por un café producido en condiciones más amigables con el ambiente (Ponte 2001)³.

² Los impactos ambientales de la producción agrícola y beneficiado de café en Costa Rica, así como las acciones tomadas para su mitigación han sido ampliamente estudiados. Puede verse por ejemplo, entre otros: Pelulessy 1993; Boyce et al. 1994; Chacón 1997; Pujol et al. 1998; PNUD 2005; CEPAL 2001; Hernández 2002; Chacón 2005.

³ Las posibilidades de obtener precios más altos por cafés de mayor calidad ambiental se pueden ver en concreto en el acceso a diferentes tipos de certificaciones ambientales. Dentro de estas certificaciones podemos mencionar las siguientes: EUREPGAP GREEN COFFEE (EUREPGAP 2004), Rainforest Alliance (Red de Agricultura Sostenible 2005),



Esta tendencia brinda a los países productores buenas oportunidades para obtener sobrepuestos por su producto, a pesar de que estos nichos representan en la actualidad una fracción pequeña del total de la producción mundial de café.

La calidad ambiental de la actividad cafetalera se puede determinar a partir de la intensidad de uso de ciertos insumos o recursos relevantes en cada uno de los segmentos de la cadena. Por ejemplo, en la etapa de producción agrícola se puede considerar que la calidad ambiental está determinada por la intensidad en el uso de agroquímicos, la cobertura de sombra y la protección del recurso hídrico. En la etapa de primer procesamiento, las variables más relevantes son el uso del recurso hídrico, el uso de la energía y manejo de desechos sólidos y líquidos⁴.

De esta forma, es posible establecer un índice tecnológico que relacione la calidad ambiental del proceso de producción con la intensidad de uso de las variables relevantes. En la etapa agrícola, por ejemplo, considerando solamente las variables dosificación de agroquímicos y cobertura de sombra⁵, una tecnología será de mayor calidad ambiental entre menor sea el uso de agroquímicos y mayor sea la cobertura de sombra. En el segmento de primer procesamiento, una tecnología será de mayor calidad ambiental cuando menor sea el uso de agua por unidad de producto procesado, menor sea el consumo de energía de fuentes no renovables y menor sea la disposición final de desechos al ambiente.

En este sentido, considerando únicamente la calidad ambiental provocada por la intensidad

de uso de las variables relevantes (insumos), decimos que en el cultivo y primer procesamiento de café existe continuidad tecnológica. Esto quiere decir que si la intensidad en el uso de los insumos relevantes en el cultivo y procesamiento puede variar de manera continua, el impacto ambiental también variará continuamente conforme los actores deciden sobre el uso de esos insumos o recursos⁶.

El cambio en la calidad ambiental también tiene efectos sobre los precios recibidos por el producto elaborado. Existen al menos tres razones que permitan suponer que los precios tengan una tendencia creciente (o al menos no decreciente) conforme aumenta la calidad ambiental. Estas razones son: i) la existencia de una relación directa entre la calidad ambiental y propiedades intrínsecas de la calidad (Calo & Wise 2005; Muradian & Pelupessy 2005: 2035; Alonso 2006), ii) la reducción en el riesgo de exclusión de mercados tradicionales y iii) las posibilidades de acceder a mercados especiales y obtener sobrepuestos por certificaciones de calidad ambiental.

Que la tendencia al crecimiento de los precios sea continua o discontinua, dependerá de la disponibilidad de mercados y por lo tanto en la forma en que los precios crecen en relación con el aumento en la calidad ambiental. En el caso del café, consideramos que los precios varían de manera continua con los cambios en la calidad ambiental. Sin embargo, la consideración de mercados con requisitos ambientales específicos (certificaciones ambientales, por ejemplo) permitirá identificar

C.A.F.E. PRACTICES (Starbucks 2006), Café Orgánico (OCIA International 2007) y Bird Friendly (SMBC 2007).

⁴ Igualmente se podrían determinar variables relevantes en las otras etapas de la cadena; sin embargo, nuestro énfasis en este artículo son las etapas locales de la cadena: producción agrícola y primer procesamiento.

⁵ Aunque la variable "protección del recurso hídrico" puede evaluarse independientemente de las otras dos, puede también estar implícita en ellas. Es decir, el manejo adecuado de agroquímicos y de la sombra genera efectos positivos sobre la protección del recurso hídrico. Por otro lado, las plantaciones ricas en sombra requieren menos agroquímicos que las plantaciones al sol (Pujol et al. 1998; Muradian & Pelupessy 2005: 2034-35).

⁶ Consideremos un ejemplo específico aplicado a la fase de cultivo. Hemos dicho que la calidad ambiental en esta etapa será mayor entre menor sea el uso de insumos químicos y mayor sea la cobertura de sombra, por ejemplo. Ambas variables pueden variar de manera continua: los agroquímicos pueden utilizarse desde cero (orgánico) hasta cantidades muy altas (la cantidad puede medirse en kilogramos o litros, ambas variables medidas en términos continuos); y la cobertura de sombra puede medirse según el porcentaje del área total, el cual también es una variable continua. Dada la relación existente en la intensidad de uso de estas variables y la calidad ambiental, se puede argumentar que esta última también varía de manera continua: un cambio infinitesimal en la intensidad de uso de las variables relevantes provocará un cambio infinitesimal en la calidad ambiental. Es en este sentido que se habla de continuidad tecnológica.



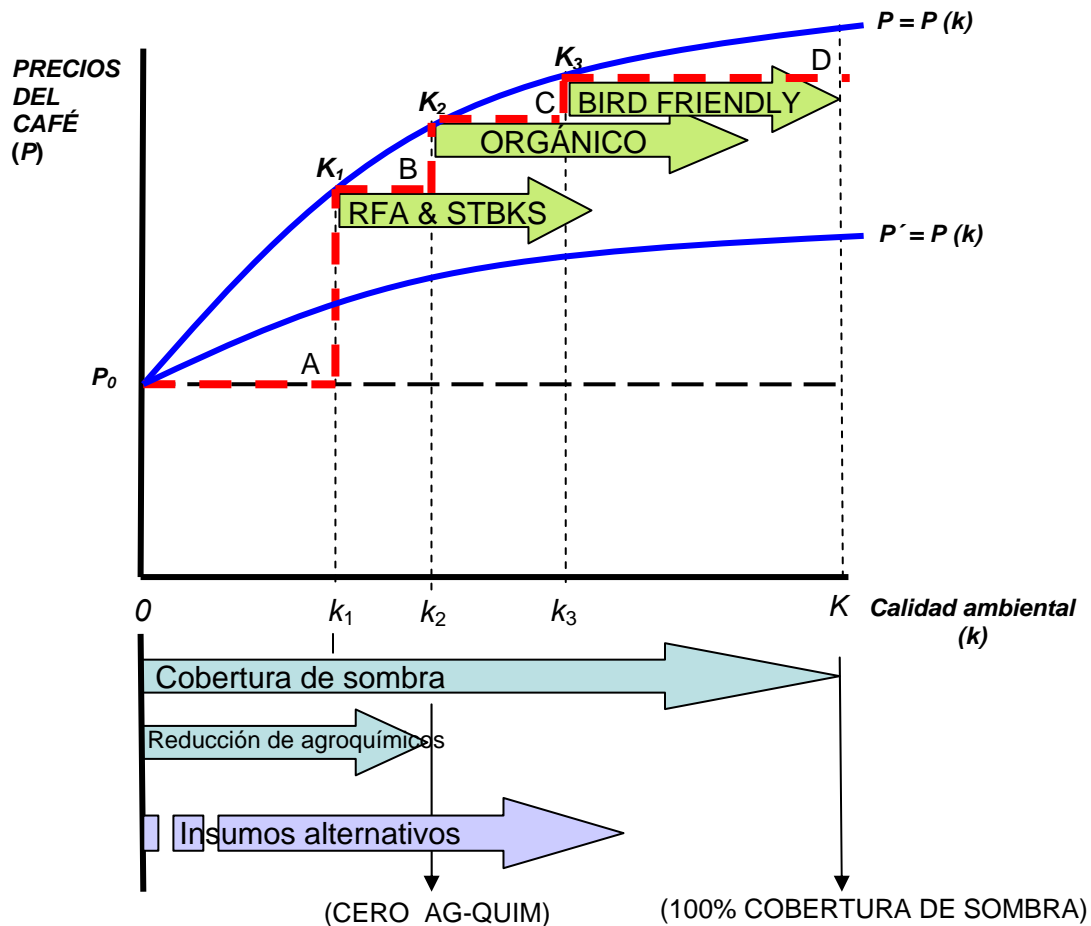
tecnologías discretas a lo largo de la tendencia de tecnologías continuas.

La Figura 1 ilustra la discusión anterior sobre continuidad tecnológica para el caso de la etapa agrícola. La calidad ambiental variará continuamente en función de las variables aumento de sombra y reducción de agroquímicos. La línea P_0P representa la relación entre precios (P) y la calidad ambiental (k) cuando los precios aumentan de manera continua (positivamente) en función la calidad ambiental. Es de esperar que los precios crezcan en proporciones decrecientes, dada la posibilidad de que los sobrepagos por productos sostenibles se reduzcan conforme aumenta la oferta con

mayor calidad ambiental (CIMS 2004: 53). Cuando éste es el caso, tenemos un conjunto de tecnologías continuas dadas por el conjunto infinito de pares ordenados (k, P) a lo largo de la línea P_0P . En esa continuidad, se pueden ubicar los diferentes tipos de certificación existentes en café, tomando como base los requerimientos ambientales de cada uno de estos mercados. La línea discontinua $P_0AK_1BK_2CK_3D$, representa las alternativas de tecnologías discretas existentes.

Es importante anotar que el acceso a mayores precios como resultado de aumentos en la calidad ambiental requiere del cumplimiento de dos condiciones adicionales.

Figura 1. Café. Tecnologías continuas y discretas. Etapa agrícola



RFA: Rainforest Alliance; STBKS: Starbucks C.A.F.E PRACTICES; AG-CHEM: Agro-chemical.

Fuente: Elaboración propia



Primero, debe existir un número mínimo de productores que deciden utilizar la tecnología de calidad ambiental específica que le permita al procesador alcanzar la escala mínima de producción requerida para acceder a esos mercados. Llamaremos a este nivel crítico, N_k^* , siendo N_k el número de productores agrícolas que escogen el nivel de calidad ambiental específico k . Así por ejemplo, en la Figura 1, la línea de precios $P' = P(k)$ representa el caso cuando el productor agrícola no logra el acceso a los precios altos de los mercados especiales porque el número de productores que utilizan las tecnologías de mayor calidad ambiental no es lo suficientemente grande para obtener la escala mínima de producto requerido para acceder dichos mercados. En este sentido, los precios no solo dependerán de la calidad ambiental, sino también del número de productores agrícolas que estén dispuestos a incrementar la calidad ambiental; es decir, $P_i = P_i(N_k, k_i)$ aumentando positivamente pero en proporciones decrecientes en relación con ambas variables, y siendo i un productor agrícola representativo.

La segunda condición requerida para que aumentos en la cantidad ambiental en la etapa agrícola conlleve a aumentos en el precio del producto elaborado es el hecho de que el procesador debe cumplir con el

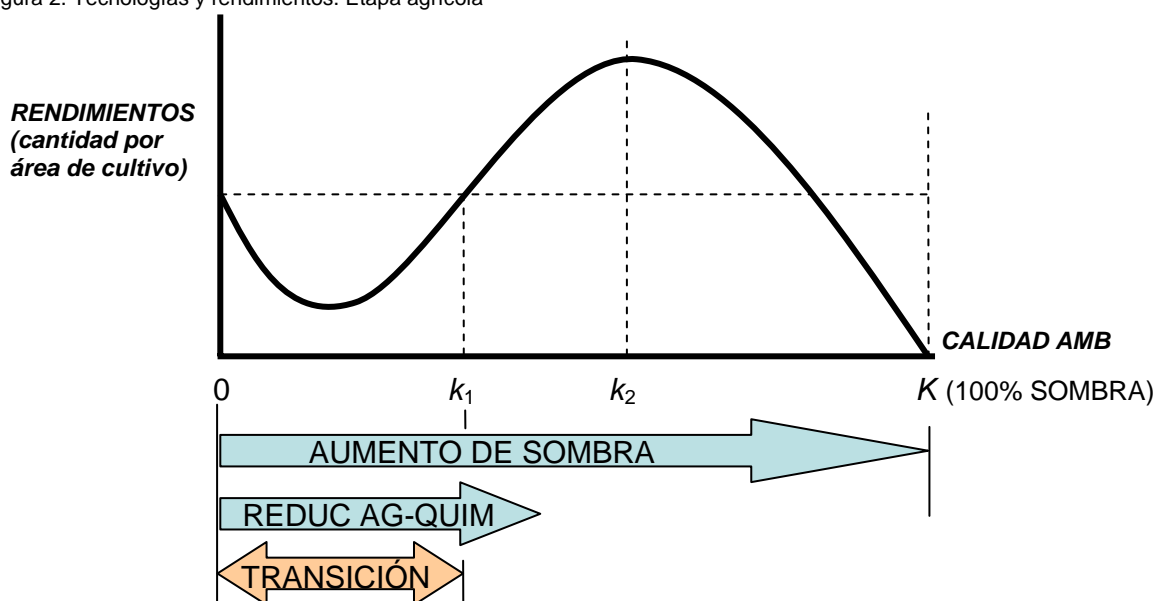
correspondiente nivel de calidad ambiental en la etapa de primer procesamiento.

2. Los beneficios netos de aumentar la calidad ambiental

2.1 Etapa agrícola

El cambio hacia tecnologías de mayor calidad ambiental tiene efectos directos sobre los rendimientos agrícolas. Esta relación se presenta en la Figura 2. En las primeras etapas del cambio tecnológico se espera que los rendimientos agrícolas bajen, lo cual es producto de la reducción en el uso de insumos químicos y la menor intensidad en la utilización del área productiva a consecuencia de la introducción de sombra o de la reducción de áreas de producción a orilla de caminos o acequias. Sin embargo, a partir de cierto momento es de esperar que la productividad por hectárea cultivada se recupere como producto de la aplicación de buenas prácticas agrícolas, y luego de pasar un período de transición (k_1), los rendimientos podrían llegar a ser mayores que cuando se utilizaban tecnologías de menor calidad ambiental (Calo & Wise 2005: 39; Montero 2007, conversación personal). El aumento en los rendimientos sin embargo tiene un límite natural (k_2), el cual aparece en el momento en que la introducción de sombra adicional empieza a competir con la plantación de café (Muradian & Pelupessy 2005: 2035).

Figura 2. Tecnologías y rendimientos. Etapa agrícola



Fuente: Elaboración propia



La situación extrema sería el punto K , donde la totalidad del área disponible esté ocupada con árboles de sombra, en cuyo caso, no existiría producción de café.

En relación con los costos de producción, se espera que éstos se incrementen conforme aumenta la calidad ambiental. Aún cuando se puedan dar algunos ahorros como resultado de la reducción en el uso de insumos químicos, se requiere su sustitución por insumos alternativos, algunos poco disponibles y algunas veces más caros. Además, las tecnologías de mayor calidad ambiental usualmente son intensivas en trabajo (Lyngbæk et al. 1999; Boyce et al. 1994), el cual es un insumo relativamente caro. Además, si se tiene como objetivo acceder a algún programa de certificación mediante el mejoramiento de la calidad ambiental del proceso de producción, el productor debe asumir también los costos de la certificación. Todo lo anterior implica que el movimiento hacia tecnologías de mayor calidad ambiental genera costos adicionales por hectárea⁷; sin embargo, a partir de cierto punto, estos costos experimentarán una tendencia a la baja cuando la reducción en el uso de insumos químicos compense los costos adicionales resultantes del uso de insumos alternativos⁸.

⁷ Wilson & Tisdell denominan "costos de retiro" (withdrawal costs) a los costos iniciales del salto de la tecnología contaminante a la tecnología sostenible, los cuales están especialmente relacionados con la dificultad de abandonar el uso de pesticidas. A pesar de las ganancias económicas, sociales y ecológicas que se pueden obtener del control biológico de plagas, el uso de pesticidas, una vez adoptado como la estrategia dominante, continuará siendo usada en grandes cantidades a pesar de los muy serios efectos negativos que provoca (Wilson & Tisdell 2001: 458-459). Ésta es, sin embargo, una consideración discreta de la tecnología.

⁸ Los costos adicionales por hectárea usualmente son difíciles de enfrentar por los pequeños productores individualmente (Calo & Wise 2005: 1; CIMS 2004: 10; Muradian & Pelupessy 2005: 2039); sin embargo, estos costos se pueden reducir cuando el número de agricultores que cambian tecnología aumenta. Esto por cuanto, hay algunas externalidades positivas que pueden aparecer. Por ejemplo, la innovación en tecnologías más limpias requiere vínculos y acciones de cooperación que facilita la aparición de economías de escala en el control de plagas y para protegerse de "vecinos sucios" (Wilson & Tisdell 2001). Además, dentro de ciertos rangos, los costos por hectárea de las certificaciones ambientales dependen del número de hectáreas certificadas o del número de agricultores que participan en los procesos de certificación (CIMS 2004: 15-16); de tal manera que entre mayor es el número de hectáreas (o su equivalente en número de

La Figura 3 muestra las condiciones de maximización de beneficios con respecto a la calidad ambiental para un productor agrícola representativo, considerando el comportamiento esperado de los precios, rendimientos agrícolas y costos, explicado anteriormente. Dados los supuestos de comportamiento enunciados para las funciones de precios y cantidades en función de la calidad ambiental (véase Figuras 1 y 2), la función de ingresos (R) tendrá la forma indicada en la Figura 3. La función de costos, por su lado, refleja la tendencia explicada anteriormente.

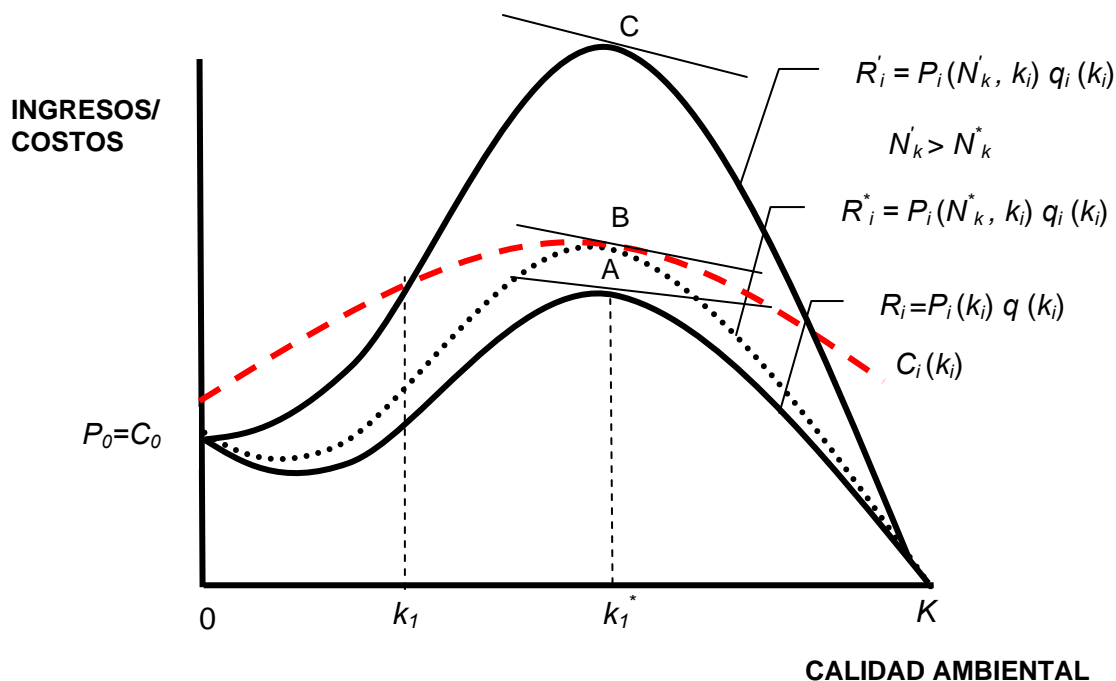
Asumimos un punto de partida ($P_0 = C_0$), lo cual significa que al nivel más bajo de calidad ambiental (0), los beneficios netos son cero. La función de costos es presentada por la función $C_i(k_i)$, la cual refleja el comportamiento asumido con anterioridad. El criterio tradicional de maximización de ganancias se da donde la diferencia entre precios y costos es la más alta posible, y esto ocurre donde las pendientes de las funciones son iguales (para simplificar la figura, solo se dibujan las pendientes de las funciones de ingresos). La función de ingresos más baja ($R_i = P_i(k_i) q_i(k_i)$) representa el caso de un agricultor individual es decir, cuando $N_k = 1$. En este caso, el nivel de ingresos no es suficiente para cubrir los costos adicionales de moverse hacia una mejor calidad ambiental, aún cuando este agricultor está maximizando sus ganancias (minimizando sus pérdidas) en el punto A.

La función intermedia de ingresos, $R_i^* = P_i(N_k^*, k_i) q_i(k_i)$ representa el caso cuando $N_k = N_k^*$. Éste es el valor crítico de agricultores requerido para que las ganancias sean no negativas en la etapa agrícola, tal como se puede ver en el punto B, donde los beneficios netos son cero. Niveles más altos de N_k permitirán a los agricultores obtener beneficios netos positivos, tal como se muestra en el punto C, donde $N_k' > N_k^*$. Por lo

productores) los costos por hectárea de la certificación son menores. Sin embargo, para simplificar el análisis, en este apartado no se considera el efecto que sobre la reducción en los costos podría provocar el número de productores que está dispuesto a aumentar la calidad ambiental del proceso de producción.



Figura 3. Maximización de beneficios para un productor agrícola representativo



Fuente: Elaboración propia

tanto, de nuestro análisis se desprende que los beneficios netos del cambio tecnológico a favor del ambiente dependerán de si se logra o no el nivel crítico (N_k^*) de agricultores que estén dispuestos a hacerlo⁹.

La posición definitiva del punto de maximización de beneficios estará más cerca de la tecnología de máxima calidad ambiental (K) entre mayor sea el nivel y ritmo de crecimiento de los precios, entre más rápido comience la etapa de crecimiento de los rendimientos por hectárea, entre mayor sea la velocidad de crecimiento de los rendimientos por hectárea y entre menor sea el ritmo de decrecimiento de los rendimientos por hectárea en las etapas de mayor calidad ambiental.

2.2 Los beneficios netos en el segmento de primer procesamiento

La calidad ambiental del café verde, el cual es el producto resultante de la fase de primer procesamiento, no puede ser separada de la calidad ambiental de la etapa de cultivo. En las cadenas agro-alimentarias la calidad del producto final es un resultado complejo de acciones tomadas todos los agentes involucrados en las diferentes etapas de la cadena global. Es decir, un nivel de calidad ambiental en la etapa de primer procesamiento (llamemos l a la variable que indica el nivel de calidad ambiental en esta fase de la cadena) supone un nivel específico de calidad ambiental en la etapa de cultivo; indicando por lo tanto una directa correspondencia entre las calidades ambientales de los dos segmentos de la cadena¹⁰. Esta correspondencia tiene

⁹ Matemáticamente, existiría un pequeño cambio en el nivel de k que maximiza ganancias cuando N_k cambia. Esto es reflejado en los pequeños cambios de las pendientes de la función de ingresos cuando nos movemos del punto A a B y C. Sin embargo, con el tipo específico de funciones con las que estamos trabajando, este cambio podría ser insignificante.

¹⁰ La correspondencia entre la calidad ambiental en la etapa de cultivo (k) y la calidad ambiental en la etapa de primer procesamiento (l) debe entenderse como una relación biunívoca entre ambas variables. Es decir, para cada calidad ambiental en la etapa agrícola habrá un nivel de calidad ambiental en la etapa de primer procesamiento para lograr



implicaciones para los precios recibidos tanto en la etapa de procesamiento como en la etapa de cultivo¹¹.

La cantidad de café que se procese (café oro), también estará directamente relacionada con la cantidad de café producida en la etapa agrícola. Dada la especificidad de insumos, debemos asumir una correspondencia directa entre la cantidad de café cereza recibida por los procesadores y la cantidad de café verde finalmente procesada¹². En este caso, la relación entre cantidad de café procesada y la calidad ambiental en la etapa de primer procesamiento presentará una forma similar a la presentada en la Figura 1 para el caso de la producción agrícola. Debe considerarse también que el monto final de café procesado estará afectado directamente por el número de productores agrícolas (N_k) que escojan el nivel de calidad ambiental específico k .

En relación con los costos en la etapa de primer procesamiento, es de esperar que éstos se comporten de la misma forma que en la etapa de cultivo: conforme la calidad ambiental se incrementa, los costos se incrementan al inicio (costos iniciales), pero a partir de cierto momento el aumento en los costos es compensado con los ahorros obtenidos por el menor uso de recursos estratégicos como el agua y la energía. En este sentido, los costos en la etapa de procesamiento presentarán el mismo comportamiento que el esperado en la etapa agrícola.

Lo anterior se puede cotejar con lo que ha sido la evidencia en Costa Rica. Empíricamente, el caso de Costa Rica ha demostrado que se puede utilizar tecnologías de mejor calidad ambiental sin que se

provoquen grandes efectos sobre los rendimientos y costos. Algunos indicadores incluso han mejorado (CEPAL 2001: 49). A pesar de lo anterior, el cambio a tecnologías de mayor calidad ambiental tiene también altos costos de introducción, los cuales están asociados principalmente con nuevas inversiones en planta y con el establecimiento de controles (y en algunos casos, asesoría) hacia el productor agrícola con el propósito de garantizar la calidad del café cereza. Además, si el beneficio es utilizado también para procesar café sin mayores exigencias ambientales, se debe cumplir con protocolos de limpieza de equipo y separación de lotes, especialmente para los casos orgánico y Bird Friendly (OCIA Internacional 2007, sección 4.9.5; SMBC 2007: 6-7). Es de esperar, sin embargo, que en el mediano plazo estos altos costos sean compensados por el menor uso de recursos tales como agua y energía eléctrica.

La correspondencia directa entre la calidad ambiental en el cultivo y el primer procesamiento debe reflejarse en los precios obtenidos. En este caso, la relación entre precios y calidad ambiental en la fase de primer procesamiento tendrá la misma forma que la presentada en la Figura 2 para el caso de la fase agrícola, y por lo tanto, igual será el caso para la función de beneficios.

La Figura 4 presenta las funciones de ingresos (R) y costos con el comportamiento esperado según nuestra discusión anterior. El eje horizontal adicional refleja el supuesto de correspondencia entre las calidades ambientales en ambas etapas.

Al igual que en la etapa de cultivo, tenemos diferentes funciones de ingresos (R_m), donde la posición particular depende del valor de N_k . Esto indica que un nivel crítico (mínimo) de agricultores que quieran utilizar una tecnología de calidad ambiental particular k es requerido en la etapa de procesamiento para que los beneficios netos sean no-negativos. En la Figura 4 este nivel es N_k^{**} . La lógica de maximización de beneficios aplica igual que en el caso de la etapa agrícola.

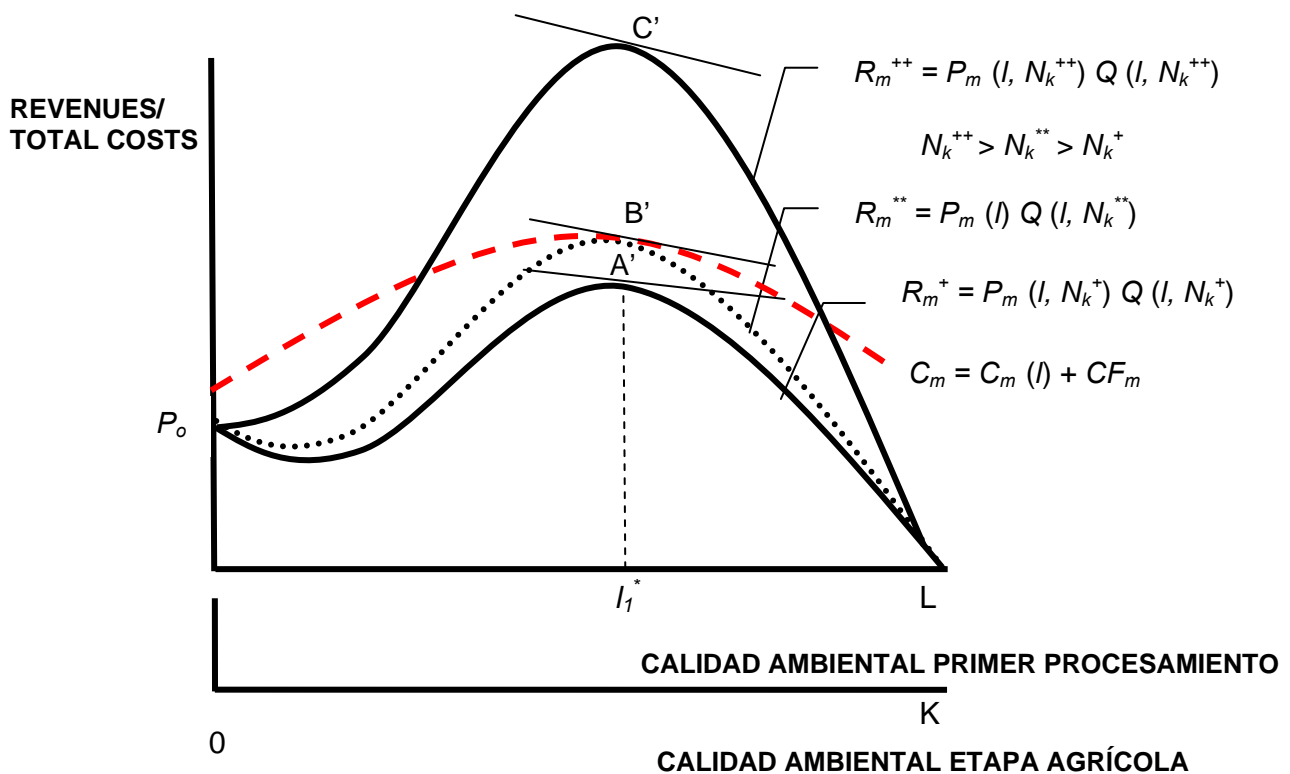
alcanzar los precios correspondientes a una calidad ambiental específica. Podemos expresar esta correspondencia de la siguiente manera: $\{(k_1, l_1); (k_2, l_2); \dots; (K, L)\}$, siendo K y L los niveles máximos de calidad posibles en los respectivos segmentos.

¹¹ En caso de que esta correspondencia no se diera, el precio sería determinado por el valor más bajo del par ordenado, el cual estará relacionado con la calidad ambiental más baja de los dos valores. Por ejemplo, en el par ordenado (k_2, l_1) , los precios corresponderán con el valor que refleje la calidad ambiental mínima, en este caso, l_1 (l_1 corresponde con $k_1 < k_2$).

¹² Bajo condiciones normales, en Costa Rica, de una fanega de café cereza (dos doble hectolitros), la planta procesadora obtiene un saco de 46 kg de café verde.



Figura 4. Maximización de beneficios en la etapa de primer procesamiento



Fuente: Elaboración propia.

Es importante anotar que el nivel crítico en la etapa de beneficiado (N^{**}) no necesariamente coincide con el nivel crítico en la etapa agrícola (N^+). Tampoco la calidad ambiental que maximiza beneficios en el nivel de procesamiento (I_1^*) con el nivel de calidad ambiental que maximiza beneficios en la etapa agrícola (k_1^*). Retomaremos estos temas en la próxima sección.

3. Mejorando la situación de los pequeños productores y procesadores mediante el mejoramiento estratégico de la calidad ambiental

En esta sección se utiliza el marco conceptual de la teoría de juegos no cooperativos para analizar las potencialidades de la coordinación estratégica vertical en las primeras etapas de la cadena del café costarricense (producción agrícola y primer procesamiento) con el fin de aumentar la calidad ambiental en las etapas del cultivo y beneficiado a la vez que se mejoran los

ingresos de los agentes involucrados. La calidad ambiental será el resultado de decisiones tecnológicas tanto de productores agrícolas como de procesadores.

La coordinación estratégica horizontal tiene gran relevancia en la etapa de procesamiento, ya que a través de ella se puede constituir una *imagen región* o una *imagen país* que se construya a partir de la producción de un café de alta calidad ambiental, tanto a nivel de primer procesamiento como de la producción agrícola. Sin embargo, a pesar de que en el comercio internacional del café existen *imágenes país* (caso del café de Colombia o Kenia, por ejemplo) o *imágenes región* (denominaciones de origen: *Antigua* en Guatemala, *Tarrazú* en Costa Rica, etc.), el café costarricense es comercializado principalmente a través de la diferenciación del producto mediante el uso de marcas individuales definidas en la etapa de primer procesamiento. En este proceso de diferenciación, las prácticas de manejo de la



calidad son la clave del éxito y dentro de ellas, el mejoramiento de la calidad ambiental está jugando actualmente un papel de gran relevancia. Es decir, las empresas beneficiadoras tratan de producir un nivel de calidad determinado y de esa manera diferenciar su producto en los mercados internacionales del grano con el fin de obtener un reconocimiento vía precio en los mercados de venta¹³. En este sentido, un juego de coordinación vertical entre productores agrícolas y beneficiadores podrá reflejar la realidad productiva y comercial del café en las primeras etapas de la cadena.

Para determinar si el cambio tecnológico a favor del ambiente es beneficioso tanto para la empresa agrícola como para el procesador, el modelo evalúa los beneficios económicos adicionales (ingresos y costos) que se obtendrían una vez realizado el cambio de tecnología. Para hacer este análisis, definimos como punto de partida la situación donde todos los agentes involucrados (cultivadores y procesadores) usan la tecnología convencional o de mínima calidad ambiental y, para facilitar el análisis, suponemos que en este escenario los beneficios económicos son nulos. Estos beneficios serán comparados con aquellos que se obtendrían en escenarios alternativos donde algunos o todos los agentes involucrados cambian a una tecnología de mayor calidad ambiental.

Los supuestos sobre los cuales se basa este juego de coordinación vertical de manejo de la calidad ambiental son los siguientes:

1. Existe una empresa procesadora¹⁴ y n productores agrícolas.
2. La calidad final del café oro está determinada por la calidad ambiental del

cultivo y del procesamiento¹⁵. Para simplificar el análisis, suponemos que existe una correspondencia uno a uno entre las calidades ambientales en los segmentos agrícola y primer procesamiento.

3. Existe continuidad tecnológica en la etapa de primer procesamiento. Partiendo del nivel de calidad ambiental mínima (0), el avanzar hacia niveles de mayor calidad ambiental implica precios y costos iniciales de producción mayores, de acuerdo con el comportamiento descrito en la subsección 2.2.
4. Existe continuidad tecnológica en la etapa agrícola. El movimiento hacia tecnologías de mayor calidad ambiental implica precios y costos iniciales mayores, de acuerdo con el comportamiento indicado en la subsección 2.1.

Las interacciones estratégicas entre los productores agrícolas y el procesador pueden modelarse en un juego de dos etapas. En la primera etapa, el procesador toma la decisión acerca del tipo de tecnología a utilizar $I = [0, L]$, siendo L la tecnología de mayor calidad ambiental disponible en la etapa de procesamiento y 0 la tecnología de calidad ambiental mínima o punto de partida. En la segunda etapa, los productores agrícolas, conociendo la decisión del procesador, deciden sobre su propia tecnología $k = [0, K]$, donde $i = 1, \dots, n$ es un productor agrícola representativo, K la tecnología de mayor calidad ambiental disponible en la etapa agrícola y 0 la tecnología de calidad ambiental mínima o punto de partida.

En la elección de la tecnología priva el interés individual de cada agente; sin embargo, el resultado final del juego dependerá de las decisiones realizadas por todos los agentes involucrados en el mismo, tanto productores agrícolas como procesadores.

¹³ Algunos de estos procesos de certificación vienen inducidos por la demanda.

¹⁴ Para simplificar el análisis, el juego se realiza entre varios productores agrícolas y solamente un procesador, ya que es de esta manera en que se produce un café oro de determinada calidad para ser comercializado a partir de una marca específica. Sin embargo, el juego pretende simular las relaciones de competencia y cooperación entre el grupo de productores agrícolas y el grupo de beneficiadores, ya que las decisiones individuales de estos agentes están influenciadas por las acciones de los otros agentes, ya sea en el mismo segmento de la cadena o fuera de él.

¹⁵ Para aislar el efecto de la calidad ambiental, se suponen constantes todos los demás determinantes de la calidad; es decir, todos los productores agrícolas producen un tipo de café con características intrínsecas de calidad (propiedades organolépticas) similares entre sí. De mejorarse las propiedades intrínsecas de la calidad, esta modificación sería resultado del aumento de la calidad ambiental.



La solución a este tipo de juegos requiere la aplicación del procedimiento denominado “por inducción hacia atrás” (ver Gibbons 1993: cap. 2). Primero se considera cuál sería la decisión de los productores agrícolas (en cuanto al tipo de tecnología a utilizar) para cada una de las elecciones posibles del procesador; luego, el procesador, tomando en cuenta las posibles reacciones de los productores agrícolas, decide sobre su propia tecnología. Veamos entonces cuál podría ser la reacción de los productores agrícolas para cada una de las posibles decisiones del procesador.

La decisión de los productores agrícolas

Dada la existencia de continuidad tecnológica en el segmento de procesamiento, se requiere evaluar las decisiones que tomarán los cultivadores para cada una de las posibles decisiones del procesador. Tomemos un nivel arbitrario de calidad ambiental seleccionado por el procesador, digamos, λ . A partir del análisis de la Figura 3 se puede observar que los productores agrícolas escogerán la calidad ambiental correspondiente en la etapa agrícola, digamos, k_i^λ , siempre y cuando: i) el número de productores que utilizan la tecnología en cuestión es lo suficientemente grande para que los beneficios netos sean no-negativos; ii) el nivel de calidad ambiental que maximiza beneficios en la etapa agrícola (k_i^λ) no se ha alcanzado. Los productores agrícolas no escogerán un nivel de calidad ambiental menor $k_i < k_i^\lambda$ porque, una vez que el nivel crítico de productores se ha alcanzado y los beneficios son no-negativos, el incremento en la calidad ambiental aumentará los beneficios netos (habrá un movimiento hacia el nivel de calidad ambiental que maximiza beneficios). Tampoco se moverán hacia un nivel de calidad ambiental mayor $k_i > k_i^\lambda$ si a partir de este punto (k_i^λ), los ingresos adicionales son menores que los costos adicionales. Éste será el caso especialmente si los productores se encuentran en el tramo de los costos

crecientes aún cuando el nivel mínimo de productores se haya alcanzado¹⁶.

Existen sin embargo, algunas excepciones a esta regla:

1. Si el nivel crítico de productores que permita alcanzar beneficios no-negativos no se alcanza¹⁷, los productores agrícolas escogerán el nivel de calidad ambiental menor 0 , es decir, el punto de partida. En este punto los beneficios netos son cero.
2. En caso de que el correspondiente nivel de calidad ambiental en la etapa agrícola es más alto que el nivel que maximiza beneficios, los productores se inclinarán por este último, ya que una vez logrado, no habrá incentivo para seguir aumentando la calidad ambiental. Cambios en N_k podrían modificar el nivel de calidad ambiental que maximiza beneficios.

La decisión del procesador

Analicemos ahora cuál será la decisión del procesador una vez que conoce los posibles resultados que se darían en la etapa agrícola a partir de su propia decisión en relación con la tecnología a utilizar. Es de conocimiento del procesador que si no se alcanza el nivel crítico de productores requerido para que los beneficios netos en el segmento agrícola sean no-negativos, los productores agrícolas no escogerán el correspondiente nivel de calidad ambiental; en este caso, su mejor estrategia será permanecer en el nivel de calidad ambiental más bajo, es decir, el punto de partida o de calidad ambiental 0 . Esto es explicado por la existencia de la correspondencia uno a uno entre las calidades ambientales en las etapas de cultivo y procesamiento.

¹⁶ Recordemos que bajo el supuesto de correspondencia de calidades ambientales entre las fases de cultivo y primer procesamiento, si esta correspondencia no se cumple, los precios estarán determinados por valor más bajo del nivel de calidad ambiental correspondiente. Por lo tanto, incrementar el nivel de calidad ambiental por parte de un productor individual podría reducir los beneficios económicos netos.

¹⁷ Es importante acotar que este nivel crítico será diferente para los distintos niveles de calidad ambiental, siendo mayor entre menor sea ésta, tal como se puede notar en la Figura 4.



Este resultado será un equilibrio estable (equilibrio Nash del juego completo¹⁸), ya que, una vez que productores agrícolas y procesador se ubican en el nivel más bajo de calidad ambiental, ninguno de ellos tiene incentivo de cambiar su estrategia. A este resultado lo podemos llamar “equilibrio sucio del juego”.

El procesador también sabe que los cultivadores escogerán el correspondiente nivel de calidad ambiental si el nivel crítico de productores agrícolas se logra y si el correspondiente nivel de calidad ambiental en la fase de cultivo es menor que aquél que maximiza los beneficios netos para el productor agrícola. En este caso, tendremos múltiples equilibrios: {(el procesador escoge un nivel de calidad ambiental específico, l^i); (los cultivadores escogen el correspondiente nivel de calidad ambiental, k^i)}. Dentro de este rango, existirá un equilibrio para cada par de calidades ambientales correspondientes en las etapas de cultivo y procesamiento. Sin embargo, de todos esos posibles equilibrios, solo uno es estable, y éste será el que representa la calidad ambiental más alta posible dentro del rango. Si ninguno de los dos agentes (procesador o cultivador) ha alcanzado la calidad ambiental que maximice beneficios, ambos tendrán incentivo para moverse hacia niveles de calidad ambientales mayores hasta el punto en que alguno de los dos alcance el nivel de calidad ambiental que maximice beneficios.

Dado que el nivel de calidad ambiental que maximice beneficios en el segmento de procesamiento muy posiblemente no corresponda con el nivel de maximización de beneficios en la etapa agrícola, el equilibrio estará constituido por solo una de las siguientes opciones (utilizaremos λ para identificar la correspondencia entre los

niveles de calidad ambiental en las etapas de procesamiento y cultivo, y $*$ para identificar la calidad ambiental que maximiza beneficios):

- {(el procesador escoge la calidad ambiental que maximiza sus beneficios, l^i); (los cultivadores escogen la calidad ambiental correspondiente, $k^i < k^*$)} o,
- {(el procesador escoge la calidad ambiental correspondiente con el nivel de calidad ambiental que maximiza beneficios en la etapa agrícola, $l^i < l^*$); (los cultivadores escogen el nivel de calidad ambiental que maximiza sus beneficios, k^i)}.

A este resultado lo podemos llamar “el equilibrio limpio”¹⁹.

Los dos conjuntos de estrategias, que hemos llamado el *equilibrio sucio* y el *equilibrio limpio*, constituyen equilibrios Nash del juego completo. Esto por cuanto, una vez que los jugadores se ubican en uno de esos puntos, ninguno está interesado en cambiar su estrategia, dadas las estrategias de los otros jugadores. Es decir, cambiar la calidad ambiental por parte de un jugador individual mientras los otros se mantienen en el mismo nivel, no agrega ningún beneficio adicional al jugador que cambia la calidad ambiental.

En resumen, la consideración de opciones de coordinación vertical relacionadas con la calidad ambiental en la producción agrícola y en la etapa de procesamiento en la cadena del café nos permite visualizar dos resultados (equilibrios) extremos: un equilibrio donde tanto los productores agrícolas como el procesador utilizan tecnologías de mínima calidad ambiental que no cumplen con los estándares mínimos necesarios para obtener reconocimiento vía precios más altos (equilibrio sucio), y un equilibrio donde los estándares de calidad ambiental y el número de productores dispuestos al cambio tecnológico son lo suficientemente grandes para que los esfuerzos por mejorar la calidad ambiental sean reconocidos por medio de precios más altos (equilibrio limpio). Qué tan

¹⁸ “Un conjunto de acciones constituye un **Equilibrio de Nash** si ningún agente puede obtener una ganancia adicional mediante un cambio unilateral de su curso de acción, dadas las acciones que están siguiendo los demás. Es decir, todas las acciones son la mejor respuesta posible y, por lo tanto, ninguno tiene ninguna razón para arrepentirse de la acción escogida” (Fernández de Castro & Duch 2003: 26). En un equilibrio Nash, la estrategia escogida por cada jugador es la mejor respuesta a las estrategias escogidas por sus rivales (Mas-Colell et al. 1995: 246).

¹⁹ Este equilibrio podría experimentar pequeños movimientos cuando cambia el nivel crítico de productores requerido para que los beneficios netos sean no-negativos (N_k).



limpio sea este equilibrio limpio dependerá del nivel y ritmo de crecimiento de los costos y precios, así como del nivel y ritmo de cambio de los rendimientos (producción) por hectárea, todos ellos como respuesta al cambio en la calidad ambiental.

En medio de esos dos equilibrios extremos, es posible encontrar otros equilibrios intermedios, los cuales, sin embargo, no constituyen equilibrios estables. Esto por cuanto siempre habrá incentivo para moverse hacia otro estado: hacia un nivel de calidad ambiental mayor en caso de que se alcance el número mínimo de productores que estén dispuestos a aumentar la calidad ambiental, o hacia el equilibrio sucio, en caso de que ese mínimo no se logre.

El uso de la teoría de juegos en el análisis de las relaciones de coordinación vertical entre agentes ubicados en distintos segmentos de una cadena agroalimentaria, nos permite visualizar soluciones cooperativas a favor del equilibrio *limpio*. En el paso del equilibrio sucio al equilibrio limpio, la decisión y apoyo del procesador es fundamental. La empresa procesadora debe estar comprometida con el cambio tecnológico, lo cual le implica no sólo cumplir con los requerimientos ambientales mínimos en planta, sino también el establecimiento de estrictas regulaciones ambientales hacia los productores agrícolas (coordinación vertical). Además, la existencia de un número mínimo de productores agrícolas (coordinación horizontal) que quieran hacer el cambio tecnológico.

4. Conclusiones

El enfoque de las cadenas globales de mercancías (CGM) y la teoría de juegos son utilizados en este artículo para evaluar los potenciales beneficios del comportamiento estratégico de productores agrícolas y procesadores en una cadena agroalimentaria. La variable estratégica es la calidad ambiental, en función de cambios tecnológicos continuos, la cual puede ser utilizada para la diferenciación del producto en los mercados de exportación. Se hace una discusión metodológica y una aplicación para

el caso de la cadena del café costarricense, la cual es considerada como una cadena "compleja", tomando en consideración el grado de transformación del producto, las opciones tecnológicas y los mercados involucrados²⁰.

Para el caso específico de la cadena del café se concluye que mediante el mejoramiento de la calidad ambiental del proceso productivo en las primeras etapas de la cadena (producción agrícola y beneficiado), es posible mejorar los ingresos de los agentes involucrados en estas actividades. Sin embargo, esta mejoría no se alcanzará únicamente mediante el comportamiento individual de los cultivadores, las firmas o agentes locales. Se requiere de una estrecha coordinación estratégica (cooperación) horizontal y vertical entre los actores, en acciones que busquen la mejoría en la calidad ambiental, ya que ésta sería la forma de aprovechar las ventajas de las economías de escala y de las externalidades positivas que sólo serán obtenidas si un número mínimo de cultivadores deciden hacer el cambio tecnológico para mejorar la calidad ambiental e invertir en esto.

En términos más generales, teniendo en perspectiva las interrelaciones verticales existentes entre productores agrícolas y procesadores, el ejercicio metodológico realizado en este artículo permite visualizar la posibilidad de que el resultado sea un escenario en el que ambos tipos de agentes realicen un cambio tecnológico a favor del ambiente. Para ello, la decisión del procesador hacia el cambio tecnológico y el apoyo que brinde en la promoción del uso de tecnologías sostenibles en la etapa agrícola, es fundamental. Además, un número mínimo de productores agrícolas debe estar dispuesto a realizar dicho cambio tecnológico, el cual, además, contribuirá a mejorar la condición de ingresos de los agentes involucrados, la mayoría de ellos pequeños productores en el segmento agrícola.

²⁰ Para una aplicación al caso de la cadena de arveja china en Guatemala, la cual es considerada como una cadena simple de tecnologías discretas, véase Jiménez & Pelulessy (2006).



Queda aún una pregunta sin responder: ¿cómo movernos del equilibrio *sucio*, con insuficiente número de cultivadores pro-cambio tecnológico, al equilibrio *limpio*? El paso implica necesariamente la promoción de diversos tipos de acuerdos horizontales y verticales entre diferentes agentes a lo largo de la cadena agroalimentaria; acuerdos que busquen, entre otras cosas, el cumplimiento de estándares de calidad ambiental en las fases de cultivo, manejo post cosecha y procesamiento. Estos acuerdos deben complementarse con intervenciones institucionales tales como la extensión agrícola, intervenciones de mercado y regulaciones en la calidad del proceso y el producto final.

REFERENCIAS

- Alonso, S. 2006. Ambiente y competitividad. Estrategias de diferenciación ambiental en la agro-cadena del café costarricense. Estudio de caso de la Región Central Occidental. Tesis de Maestría no publicada, Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), Universidad Nacional, Costa Rica.
- Boyce, J., Fernández, A., Fürst, E. & O. Segura. 1994. Café y Desarrollo Sostenible: del cultivo agroquímico a la producción orgánica en Costa Rica. Heredia, Costa Rica: Editorial Fundación UNA.
- Calo, M & Wise T. A. 2005. Revaluing Peasant Coffee Production: Organic and Fair Trade Markets in Mexico. Medford, Mass.: Global Development and Environmental Institute.
- CEPAL. 2001. Uso de instrumentos económicos para la gestión ambiental en Costa Rica. Serie Medio ambiente y desarrollo No 51: 51-58.
- Centro de Inteligencia sobre Mercados Sostenibles, CIMS. 2004. Precios y Premios del Café Sostenible en América Latina, EEUU y Europa. Costa Rica. P-AG-PR-011. INCAE.
- Chacón, C. M. 1997. Estudio de Evaluación del Efecto e implementación de tecnologías limpias de procesamiento sobre el consumo de energía eléctrica en el beneficio húmedo del café. Instituto del Café de Costa Rica. San José: ICAFE.
- Chacón, R. 2005. Reducción de la contaminación por la actividad cafetalera. Instituto del Café de Costa Rica. San José: ICAFE.
- EUREPGAP. 2004. Reglamento General Café. Versión 1.0. Septiembre.
- Fernández de Castro J. & N. Duch. 2003. Economía Industrial. Un enfoque estratégico. Barcelona: McGrawN-Hill/Interamericana de España.
- Gibbons, R. 1993. Un primer curso de Teoría de Juegos. Barcelona: Antoni Bosh Editor, S. A.
- Hernández, R. 2002. Evaluación del ciclo de vida del café costarricense: Un enfoque ambiental y socioeconómico. Tesis de Maestría no publicada. Centro Internacional en Política Económica (CINPE) de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica: CINPE.
- Jiménez G. & W. Pelupessy. 2006. Manejo estratégico de la calidad ambiental en las cadenas agroalimentarias. Aplicaciones a la arveja china guatemalteca. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 3: 17-32. Disponible en: www.redibec.org/IVO/rev3_02.pdf
- Lyngbæk A, Muschler, R. G. & F. L. Sinclair. 1999. Productividad, mano de obra y costos variables en fincas cafetaleras orgánicas y convencionales de Costa Rica. Revista Agroforestería en las Américas. Vol. 6, No. 23.
- Mas-Colell A. Whinston M. D. & J. R. Green. 1995. Microeconomic Theory. New York. Oxford: University Press
- Montero, J. R. 2007. Productor de café orgánico y convencional. Entrevista realizada por Arianova Garmendía, Maestría en Política Económica, CINPE-Universidad Nacional, Costa Rica. Conversación personal, Zona de Los Santos, Costa Rica. Julio 2007.
- Muradian R. & W. Pelupessy. 2005. Governing the coffee chain: the role of voluntary regulatory systems. World Development Vol. 33, No. 12: 2029-44.
- OCA International, Organic Crop Improvement Association Inc. 2007. International Certification Standards. Approved on AGMM 2007, March 1-3. Disponible en: <http://www.ocia.org> (consultado 19/10/2007).
- Pelupessy, W. 1993. El Mercado Mundial del Café: el caso de El Salvador. Costa Rica. Departamento Ecueménico de Investigaciones y Maestría en Política Económica, Universidad Nacional, Costa Rica.
- PNUD. 2005. 11º Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Proyecto Estado de la Nación. San José, Costa Rica.
- Ponte, S. 2001. Behind the Coffee Crisis. Economic and Political Weekly Vol. 36, No. 46/47: 4410-4417.
- Pujol, R., Zamora L., Sanarrusia, M. & F. Bonilla. 1998. Estudio de impacto ambiental de cultivo y procesamiento del café. San José, Costa Rica. Programa de Desarrollo Urbano Sostenible. Universidad de Costa Rica.
- Red de Agricultura Sostenible. 2005. Norma para Agricultura Sostenible. San José: Rainforest Alliance. Disponible en: http://www.rainforest-alliance.org/programs/agriculture/certified-crops/documents/standards_2005_spanish.pdf
- Smithsonian Migratory Bird Center, SMBC. 2007. Coffee. Disponible en:



<http://nationalzoo.si.edu/ConservationAndScience/MigratoryBirds/Coffee/> (consultado 08/07/2007).

STARBUCKS. 2006. Manual de procedimiento del verificador del programa C.A.F.E.-PRACTICES. Starbucks Coffee Company.

Wilson C. & C. Tisdell. 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainable costs. *Ecological Economics* Vol. 39, No. 3: 449-462.