NARCOTRÁFICO Y CONFLICTO:¿POR QUÉ BAJÓ EL PRECIO DE LA COCAÍNA?

*Leonardo Raffo López**

En un artículo que curiosamente es poco citado por otros estudiosos a pesar de su importancia, Jeffrey Miron hace una pregunta implícita sobre los mercados de cocaína y heroína de comienzos de esta década: ¿por qué sus precios reales ajustados por niveles de pureza han caído en los últimos 25 años, mientras que las medidas de control se han intensificado y la producción y el consumo apenas han crecido?

> En los últimos veinticinco años, los precios de la cocaína y la heroína, ajustados por la pureza, han disminuido dramáticamente mientras que algunas medidas represivas se han incrementado varias veces (Basov, Jacobson y Miron, 2001). Además la producción y el consumo de drogas apenas se han incrementado en el mismo período. Esta combinación de hechos es un tema fértil de futura investigación (Miron, 2001, 35).

Casi nueve años después, es claro que esa pregunta era relevante, pues planteó un enigma de los mercados de drogas ilícitas que hasta ahora nadie ha resuelto en forma concluyente. Algunos autores argumentan que las políticas de represión de la oferta inducen, *ceteris paribus*, incrementos del precio de estas drogas[1]. Por ejemplo, no obtante que Colombia, Perú y Bolivia –los tres principales productores de cocaína en el mundo– han aplicado enérgicas políticas represivas en las últimas décadas, la evidencia empírica muestra que los precios han disminuido en promedio en este período, a pesar de que el consumo ha crecido, la producción promedio ha aumentado y la superficie cultivada reportada ha descendido.

* Magíster en Economía, profesor de la Universidad del Valle, Cali, Colombia, [leoraff@yahoo.es]. Fecha de recepción: 12 de enero de 2010, fecha de modificación: 19 de mayo de 2010, fecha de aceptación: 30 de agosto de 2010.

[1] Ortiz (2002 y 2003), y Becker, Murphy y Grossman (2004 y 2006).

Aunque la producción reportada de hoja de coca seca en Suramérica se redujo de 319.200 Tm a 269.600 entre 1990 y 2008, la producción potencial[2] de clorhidrato de cocaína pasó de 773 Tm a 845, con un pico de 1.008 Tm en 2004 (UNODC, 2009).

Pero los precios de la cocaína han bajado notoriamente, igual que los de la heroína. Mientras que en Estados Unidos el precio de la cocaína al por menor (por gramo, ajustado por la inflación y la pureza) pasó de 421 dólares en 1990 a 216 dólares en 2008, con un mínimo de 134 dólares en 2006, en Europa el precio promedio ponderado pasó de 186 dólares en 1990 a 92 dólares en 2007, con un nivel mínimo de 83 dólares en 2002 (UNODC, 2009). Esto significa que en el período observado el precio por gramo se redujo a una tasa del 3,5% en Estados Unidos, y en Europa a una tasa del 3,9%.

La superficie cultivada reportada disminuyó de 211.700 ha en 1990 a 167.600 ha en 2008, con un mínimo de 153.800 ha en 2003 (UNODC, 2008 y 2009), es decir, a una tasa implícita de -1,2%.

Resolver este enigma es esencial para entender el funcionamiento de los mercados de drogas ilícitas. Mejía y Posada lo llaman el *enigma fundamental*. Como dicen refiriéndose al mercado de cocaína en el primer lustro de esta década:

> Según la mayoría de los indicadores disponibles hasta 2005, la producción potencial de cocaína disminuyó en un 30% o más entre 2000 y 2004, mientras que la demanda en los países consumidores se mantuvo relativamente estable. Sin embargo, los precios de los insumos intermedios (hoja y base de coca) en los países productores de cocaína y en los países consumidores fueron estables o decrecientes hasta entonces. Con una demanda más o menos estable (salvo en muchos países europeos donde el consumo de cocaína está aumentando, aunque aún es ‘bajo’ en comparación con los precios observados en Estados Unidos), las estimaciones de producción más bajas, los decomisos crecientes, la mayor intercepción de embarques de droga y la destrucción de laboratorios de procesamiento llevarían a esperar que los precios de la cocaína aumentaran o fueran estables y no a caer, como parece haber sucedido (Mejía y Posada, 2007, 17-18).

Estos autores sugieren que los resultados de la investigación de campo realizada en Colombia bajo la dirección de la UNODC dan la clave para resolver el enigma, pues se encontró que la producción promedio por hectárea al año aumentó de 4,7 kg a 7,7 kg (UNODC, 2006). Así, se puede conjeturar que el factor clave es el aumento de la productividad en la producción de hoja de coca y de cocaína pura, porque los mayores rendimientos por hectárea implican que si bien

[2] Según la UNODC, la producción potencial puede diferir de la producción real porque no toda la hoja de coca se convierte en cocaína. Además, parte de la producción de hoja de coca puede permanecer oculta.

la superficie cultivada se redujo, la producción potencial de cocaína no ha descendido tanto como se pensaba.

Surgen varias preguntas que la investigación debería intentar responder y que hasta ahora no han sido abordadas seriamente en ningún trabajo. Una general: ¿por qué los precios de la cocaína y la heroína han disminuido en promedio en las dos últimas décadas? Y varias específicas: ¿hay suficiente evidencia empírica para afirmar que el aumento de la productividad ha sido el factor clave a lo largo de estas dos décadas?, ¿qué otros factores explican el descenso? Estas preguntas suscitan otra en el plano teórico: si la teoría predice una relación directamente proporcional entre la represión de la oferta y el precio de los estupefacientes, y la represión se ha acentuado, ¿por qué los precios pueden bajar? Y de ésta se desprende una pregunta en el plano político: ¿cómo han incidido los fenómenos que aquí se intenta explicar en el éxito de las políticas antidrogas y, en particular, en el éxito del Plan Colombia?

Para responder estas preguntas se requiere, en primer lugar, construir varios modelos teóricos suficientemente generales para entender exactamente en qué forma los factores y agentes relevantes determinan el precio y la cantidad de recursos que asignan al narcotráfico. El tema fundamental desde un punto de vista teórico, que hasta ahora no se ha resuelto satisfactoriamente, es cómo se forman los precios de equilibrio en los mercados ilegales. En segundo lugar, hay que hacer análisis estadísticos –en particular construir un conjunto de modelos econométricos– que pongan a prueba las hipótesis derivadas de la teoría.

La hipótesis de partida de este trabajo retoma los hallazgos de Mejía y Posada y los extiende al mercado de heroína: *el aumento de la productividad es un factor clave para entender el descenso de los precios de la cocaína y de la heroína entre 1990 y 2008*. Pero también se debe a la incidencia de otros factores, como la mayor eficacia del tráfico de drogas (p. ej., mediante una mayor eficiencia en el transporte), el comportamiento de los precios de sustitutos sintéticos (anfetaminas, éxtasis) y el aumento de la producción en otros países (como México y Venezuela).

En este artículo, un primer avance de la investigación, se presenta un modelo teórico que puede contribuir a resolver el *enigma fundamental* proporcionando bases analíticas a la hipótesis de Mejía y Posada: el precio de la cocaína ha disminuido debido ante todo al fuerte aumento de la productividad en el cultivo de hoja de coca y la fabricación del clorhidrato de cocaína. Ese aumento ha revertido el efecto al alza inducido por las políticas de represión de la oferta y la reducción de la superficie de cultivos de coca. El efecto de los cambios en los niveles o probabilidades de interdicción y de las variaciones de la productividad o de la cantidad de tierra disponible sobre el comportamiento de las variables relevantes depende de la elasticidad precio de la demanda de estupefacientes.

El modelo de narcotráfico y conflicto conjuga el enfoque de Ortiz (2002 y 2003) con los de Mejía y Grossman (2005) y Mejía y Restrepo (2008). Es un modelo de equilibrio general en el que no sólo se analizan la producción y el consumo de drogas incorporando los riesgos del narcotráfico sino también la actividad armada de los grupos ilegales en su disputa por la tierra requerida para cultivar coca y amapola. Algunos autores, como Ibáñez y Vélez (2003) y Kalmanovitz y López (2006), han reconocido y documentando las complejas interacciones que desde finales de los setenta se detectan en Colombia entre violencia, narcotráfico y conflicto por las tierras. De modo que el estudio del narcotráfico en Colombia no puede excluir las complejidades del conflicto armado. Pero a diferencia de los trabajos de Mejía y Grossman y Mejía y Restrepo, y siguiendo a Ortiz (2003), en este trabajo se incorpora un sector diferente del narcotráfico que capta las repercusiones de esta actividad sobre el resto de la economía. Tampoco se omiten, como se hace en los trabajos de Mejía et al., los precios de los factores productivos, que son esenciales en un análisis de equilibrio general. Se demuestra que el elemento clave en un análisis estático es la elasticidad precio de la demanda[3]. El análisis del tráfico y la comercialización se deja de lado para concentrarse en la producción y el consumo. La modelación a partir del enfoque de Mejía y Restrepo puede ser materia de próximos trabajos. Así mismo, las versiones posteriores del modelo deben incorporar explícitamente al gobierno para incluir la financiación de la guerra contra las drogas y su interacción con los narcotraficantes. Y los trabajos posteriores deben someter a contraste empírico las predicciones de la teoría utilizando la información disponible. Aún queda mucho por hacer y pensar sobre un tema que ocupa primeros lugares en la agenda política y económica de Estados Unidos, Colombia, Perú y Bolivia.

En la siguiente sección se expone el modelo básico con preferencias cuasilineales sin considerar explícitamente al gobierno. En la sección posterior se sintetizan sus principales predicciones considerando el comportamiento real del sector. Por último se exponen algunas

[3] Como recalcan Ortiz (2002), Becker, Murphy y Grossman (2004 y 2006), y Mejía y Posada (2007).

conclusiones. En el apéndice 1 se resuelve el modelo general con preferencias de tipo CES.

EL MODELO BÁSICO

Se recurre a una estructura económica de equilibrio general estático con dos sectores: uno que produce drogas ilícitas comandado por grupos armados al margen de la ley y otros grupos de narcotraficantes, que se enfrentan militarmente por la tierra, y uno que produce otros bienes de consumo que representa al resto de la economía. Estos sectores constituyen industrias competitivas que utilizan trabajo y tierra (ésta última sólo en el caso del narcotráfico) para elaborar sus productos.

Supuestos

Como a pesar de que es un análisis de equilibrio general interesa concentrarse en el mercado de drogas, tiene sentido suponer que los consumidores –sean trabajadores o empresarios– tienen preferencias cuasilineales que ordenan su canasta de consumo de drogas q^d y demás bienes y^d, donde estos últimos pueden interpretarse como un bien compuesto a la Hicks-Marshall. También se pueden usar preferencias de tipo CES o a la Stone-Geary. Pero esto no permite concentrarse en el mercado de drogas y exige tratar el resto de bienes como si tuviese el mismo grado de sustitución con las drogas, lo que no es muy realista. Además, la solución y el análisis del modelo serían más complejos, y con fines explicativos es más ilustrativo usar en primera instancia preferencias cuasilineales. Éstas permiten tratar a las drogas como un bien básico, pese a que su consumo por debajo de cierto nivel no implica la "anulación" de la utilidad y, por ende, la desaparición del consumidor. Implican que para niveles de ingreso relativamente bajos los consumidores sólo demandan drogas en función del ingreso y del precio, mientras que para niveles de ingreso relativamente altos la demanda de drogas sólo depende del precio; así se obvian los efectos de *feedback* del efecto ingreso sobre la demanda de drogas. Esto tiene sentido en un modelo estático: puesto que en un momento dado el nivel de adicción está dado, es pertinente suponer que para niveles de ingreso altos la demanda depende únicamente del precio, mientras que para niveles bajos sí depende del ingreso, el cual se gasta totalmente en drogas[4].

[4] Ver el apéndice, donde se resuelve el modelo con preferencias CES y se

La función de utilidad está dada por:

$$U(y^d, q^d) = y^d + \gamma\left(\frac{q^{d^{1-\theta}} - 1}{1-\theta}\right), \gamma > 0, \theta > 0 \qquad [1]$$

donde γ es el sesgo hacia el consumo de drogas y θ es un parámetro de aversión al riesgo cuyo recíproco es la elasticidad precio de demanda.

La tecnología de producción es lineal en el trabajo utilizado:

$$y = A(1 - n)L \qquad [2]$$

donde $A > 0$ es un índice de productividad, L la fuerza laboral disponible –que se supone mayor o igual a 1– y $1 - n$ la fracción que se emplea en la producción de y.

Cada firma narcotraficante representa a un grupo armado ilegal. Su tecnología de producción es cóncava en la cantidad de trabajo empleado y además utiliza tierra; y se representa así:

$$q_i = BT_i l_i^{\alpha}, 0 < \alpha < 1/m, B > 0 \qquad [3]$$

T_i y l_i son la cantidad de tierra y de trabajo empleados por i para producir drogas. Como la tierra es esencial en esta producción, se supone que el trabajo tiene rendimientos fuertemente decrecientes. Esto implica que α es pequeño, más cerca de 0 que de 1. Con fines analíticos, un α pequeño equivale a uno menor que el recíproco del número de firmas existentes[5], que como se verá corresponde a m. B es un parámetro de productividad del sector, que se supone idéntico para todas las firmas. La tierra cultivable disponible no se transa en el mercado. Se supone que no existen derechos de propiedad claramente definidos para la tierra[6], de modo que es expropiable en la lucha entre firmas narcotraficantes. Esto significa que los productores de drogas son agentes armados que luchan por conquistar territorio y apropiarse tierras de cultivo, que les son esenciales[7]. Por tanto, procuran adquirir y usar armas para obtener una porción de la tierra disponible. La cantidad de tierra expropiada por la firma i en el conflicto armado es:

$$T_i = \phi_i T_0 \qquad [4]$$

prueba que en ese modelo más general se mantienen los resultados básicos de esta sección.

[5] Más adelante se aclara el significado de esta condición.

[6] Esto no es alejado de la realidad. En Colombia la mayor parte de las tierras dedicadas a cultivos de coca y amapola corresponden a zonas donde la presencia del Estado es precaria y los derechos de propiedad no están definidos claramente, de modo que prevalece el "imperio de la fuerza".

[7] Se omite el análisis del problema de acción colectiva dentro de cada grupo armado, considerando que para cada grupo existe un único agente representativo.

donde T_0 es la cantidad total de tierra cultivable por la que luchan los grupos armados y se supone fija; ϕ_i es la probabilidad de éxito del grupo i en la contienda; como es usual en la teoría de contiendas, se supone que está determinada por la macrotecnología del conflicto. En este caso se supone que las funciones de éxito tienen la *forma de razón*[8], en particular, siguiendo a Mejía y Grossman (2005) y a Mejía y Restrepo (2008), que tienen la forma estándar:

$$\phi_i(G_i, G_{-i}) = \frac{G_i}{G_i + \sum_{j \neq i} G_j} \qquad [5]$$

donde G_i es la cantidad de armas que usa el grupo i. Se supone que el número total de grupos armados ilegales productores de drogas, m, es mayor o igual que 2 pero pequeño, debido a que existen fuertes barreras de entrada por la necesidad de poseer tecnología militar para luchar por el territorio. Por eso, cuando $0 < \alpha < 1/m$, con los supuestos del modelo, $\alpha < ½$. Como, además, el producto marginal del trabajo es decreciente para los narcotraficantes, estos obtienen ganancias extraordinarias que los incentivan para proteger sus mercados. Este es un supuesto realista en el caso de Colombia. Los grupos armados ilegales se cuentan con los dedos de la mano: los más importantes son las FARC, las AUC y el ELN, a los que se suman pequeños ejércitos y bandas de narcotraficantes poderosos y carteles específicos de la mafia, como el "cartel del norte del Valle".

Se supone que por cada unidad de trabajo que demanda una firma para producir armas puede producir una unidad de éstas. Así, la cantidad de trabajo demandado para producir armas viene dada por:

$$G_i = g_i n_i \qquad [6]$$

donde n_i es la cantidad total de trabajo que demanda la firma i y g_i la proporción de mano de obra que emplea para producir armas. La cantidad de trabajo para producir drogas o armas es:

$$n_i = l_i + G_i \qquad [7]$$

Por último, hay pleno empleo en el mercado laboral, de modo que:

$$L = (1 - n)L + mn_i \qquad [8]$$

donde $(1 - n)$ es la proporción de la mano de obra total que se emplea en la producción de los demás bienes de consumo.

[8] Ver por ejemplo Hirshleifer (1995 y 2000).

PRODUCCIÓN DE BIENES Y ARMAS

El problema que resuelven las firmas del sector productor de y es:

$$\max_{n} \Pi_y = A(1-n)L - w(1-n)L$$

donde w es la tasa de salario. Por simplicidad el precio de y se normaliza a 1. La competencia lleva a que en equilibrio:

$$w = A \qquad [9]$$

El problema que resuelven los grupos que producen drogas es más complejo. Cada uno elige la cantidad total de trabajo que demanda y la proporción que asigna a la producción de armas. Se supone que la producción de drogas es reprimida. Los productores enfrentan una probabilidad de interdicción y destrucción igual a z, que se supone exógena. Su problema, teniendo en cuenta [4] y [5], es maximizar el beneficio esperado:

$$\max_{n_i, g_i} E[\Pi_q(n_i, g_i)] = (1-z)[p\phi_i(G_i, G_{-i})BT_0 l_i^{\alpha} - wn_i] - zwn_i$$

donde p es el precio de las drogas. Considerando [6], el problema equivale a:

$$\max_{n_i, g_i} E[\Pi_q(n_i, g_i)] = (1-z)p\phi_i(g_i n_i, g_{-i}n_{-i})BT_0((1-g_i)n_i)^{\alpha} - wn_i$$

Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial E[\Pi_q(n_i, g_i)]}{\partial n_i} = (1-z)pg_i\phi_i' BT_0((1-g_i)n_i)^{\alpha} + (1-z)p\phi_i BT_0\alpha((1-g_i)n_i)^{\alpha-1}(1-g_i) - w = 0 \qquad [10]$$

$$\frac{\partial E[\Pi_q(n_i, g_i)]}{\partial g_i} = (1-z)pn_i\phi_i' BT_0((1-g_i)n_i)^{\alpha} - (1-z)p\phi_i BT_0\alpha((1-g_i)n_i)^{\alpha-1}n_i = 0 \qquad [11]$$

La expresión [10] es la condición de eficiencia convencional en la demanda de trabajo, pero en este caso el trabajo "no productivo"[9] también es rentable, porque un aumento de la cantidad de trabajo empleada para producir armas eleva la probabilidad de éxito en la contienda. Por su parte, la expresión [11] garantiza que la producción de armas es eficiente; garantiza que el beneficio marginal de producir armas (el primer término) sea igual al costo de oportunidad en términos de producción útil (el segundo término). Es análoga a la condición necesaria de primer orden resultante de maximizar las funciones de pagos de los agentes (en función de la producción de armas) en el modelo básico de formación de estados de Skaperdas y Syropoulos[10].

[9] El que se emplea para producir armas.

[10] Ver Skaperdas (1991, 1992a y 1992b) y Skaperdas y Syropoulos (1995 y 1997).

Remplazando [11] en [10] se puede replantear [10] en términos del salario nominal:

$$(1 - z)p\phi_i BT_0 \alpha((1 - g_i)n_i)^{\alpha - 1} = w \qquad [10']$$

que indica claramente que el salario es igual al producto marginal del trabajo en equilibrio. Sustituyendo este resultado en [10] se obtiene:

$$(1 - z)p\phi'_i BT_0((1 - g_i)n_i)^{\alpha} = w \qquad [11']$$

otra manera de expresar que el beneficio marginal de producir armas es igual al costo de oportunidad, en términos monetarios.

Con estos resultados se puede probar que según los supuestos del modelo se cumplen las condiciones suficientes de segundo orden para la existencia de un máximo, de modo que las funciones de ganancias son cóncavas en n_i y g_i; también son cóncavas en G_i.

EQUILIBRIO EN EL CONFLICTO POR LA TIERRA

A partir de [10'] y [11'] se pueden analizar las decisiones militares estratégicas de los agentes armados. Igualando esas dos ecuaciones, con [5], después de simplificar y despejar se obtiene una función cuadrática que permite hallar la función de reacción del agente i:

$$G_i^2 + G_i \sum_{j \neq i} G_j - \frac{l_i}{\alpha} \sum_{j \neq i} G_j = 0, \quad i = 1, \ldots, m \qquad [12]$$

Si por sencillez $\Sigma_{j \neq i} G_j = G_{-i}$ entonces:

$$G_i^2 + G_{-i} G_i - \frac{l_i}{\alpha} G_{-i} = 0, \quad i = 1, \ldots, m \qquad [12']$$

que son ecuaciones cuadráticas en G_i cuya solución es:

$$G_i(G_{-i}) = -\frac{G_{-i}}{2} + \sqrt{\left(\frac{G_{-i}}{2}\right)^2 + G_{-i}\frac{l_i}{\alpha}}, \quad i = 1, \ldots, m \qquad [13]$$

Se puede probar que se trata de funciones de reacción crecientes y cóncavas, de modo que existe complementariedad estratégica en la producción de armas de los agentes armados[11].

Proposición 1: *En el modelo de narcotráfico y conflicto existe un perfil de estrategias puras de equilibrio de Nash* $(G^*_1, G^*_2, \ldots, G^*_m)$ tal que:

$$\forall i \in \{1, 2, \ldots, m\}, \; G^*_i \in [0, n_i] \subset \Re^+$$

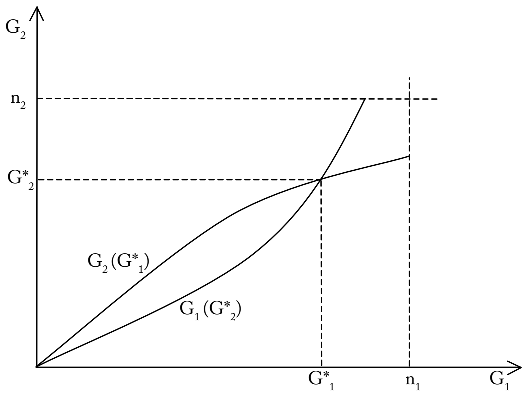
[11] Este es un resultado estándar en la teoría económica de contiendas.

Además, ese equilibrio es único y estable.

Prueba: *Como las funciones de beneficios esperados de los agentes armados son cóncavas en la producción de armas y las funciones de éxito en la contienda cumplen las propiedades estándar, entonces se cumplen los teoremas 1 y 2 de Skaperdas y Syropoulos (1997) que garantizan la existencia, unicidad y estabilidad del equilibrio.*

La gráfica 1 ilustra el equilibrio cuando m = 2.

Gráfica 1
Equilibrio de Nash para m = 2



Como las funciones de éxito en la contienda son idénticas para todos los agentes armados, igual que las funciones de producción, el equilibrio simétrico de Nash es el resultado relevante. En ese caso, en equilibrio la probabilidad de éxito es igual para todos los agentes y equivale a:

$$\phi \equiv \frac{G_i}{G_i + \sum_{j \neq i} G_j} = 1/m \qquad [14]$$

que disminuye a medida que crece el número de agentes armados.

Teniendo en cuenta lo anterior, de [5], considerando [6] y [7] y haciendo operaciones algebraicas, se llega a:

$$g = \frac{m-1}{m(\alpha+1)-1} \qquad [15]$$

Por tanto, en equilibrio la proporción de mano de obra que se emplea para producir armas depende inversamente de la intensidad de mano de obra en la producción de drogas (α) y directamente del número de agentes ilegales que se enfrentan militarmente (m). La intuición económica de la primera relación es que cundo crece α aumenta el producto marginal del trabajo con respecto al beneficio marginal de la producción de armas, de modo que *ceteris paribus* (de [11]) se crean incentivos para emplear más trabajadores en la producción de drogas. Esto eleva la proporción de mano de obra que se emplea en su producción y, en consecuencia, reduce la que se emplea para producir armas, g. La segunda relación, que también se cumple en Hirshleifer (1995), es un resultado lógico en contiendas simétricas con varios agentes. A medida que m crece, cada grupo debe hacer mayor esfuerzo en la pelea –es decir, emplear mayor proporción de mano de obra en la producción de armas– aun para retener su nueva parte, reducida en proporción, 1/m.

Sustituyendo [10'], [14] y [15] en las ganancias esperadas de los agentes armados, puede verse que en equilibrio son positivas, según los supuestos del modelo. Se obtiene:

$$E[\Pi_q] = \frac{(1-z)pBT_0((1-g_i)n_i)^{\alpha}}{m}\left[(1/m)-\alpha\right] \quad [16]$$

expresión que es positiva siempre que $(1/m) > \alpha$; lo que se cumple con los supuestos del modelo[12]. Ahora es posible interpretar esta condición: como 1/m corresponde a la probabilidad de éxito de equilibrio en la lucha por la tierra, que también representa la fracción de la dotación de tierra de la que se apropia cada firma, y α corresponde a la participación de los ingresos de los trabajadores en la producción de drogas medida en términos monetarios[13], se infiere que los beneficios de las firmas narcotraficantes son positivos si y sólo si la fracción de tierra de la que se apropia cada firma es mayor que la proporción del ingreso de los trabajadores en la producción de drogas. Como $(1/m) - \alpha > 0 \leftrightarrow 1/\alpha m > 1$, $1/\alpha m$ puede concebirse como una medida de la capacidad de apropiación de ganancias; cuanto más grande (más pequeño) es el número de firmas, menor (mayor) es la capacidad de apropiación de ganancias, ya que menor es la proporción de tierra de la que se apropia cada firma en el conflicto por la tierra. Igualmente, cuanto más grande (más pequeño) sea α menor (mayor) será la capacidad de las firmas para apropiarse las ganancias, ya que mayor (menor) será la

[12] Como se explicó, m es pequeño y α se aproxima más a 0 que a 1, así que $(1/m) > \alpha$. Si m fuese muy grande las ganancias esperadas serían negativas y algunas firmas tenderían a salir del mercado, hasta que m disminuyera y las ganancias esperadas fuesen positivas.

[13] α también representa la elasticidad empleo de la producción de drogas.

proporción del ingreso de los trabajadores en la producción de drogas en términos monetarios.

EQUILIBRIO EN EL MERCADO LABORAL Y PRODUCCIÓN DE ARMAS

De [8] se obtiene la demanda de trabajo de equilibrio de un agente armado:

$$n_i = Ln/m \quad [17]$$

Así, a partir de [6] con [15] y [17] se puede hallar la producción de armas de un agente armado, en equilibrio simétrico de Nash:

$$G = \frac{(m-1)Ln/m}{m(\alpha+1)-1} \quad [18]$$

La producción de armas del agente típico depende directamente de L y de n e inversamente de m y α. Aunque esta no es una expresión reducida en equilibrio general, ya que n también es endógena y se resolverá explícitamente más adelante. Por ahora basta afirmar que una mayor (menor) proporción de la mano de obra total empleada en el sector productor de drogas n implica una mayor (menor) demanda de trabajo por el agente típico y, por tanto, una mayor producción de armas. Por otro lado, una mayor (menor) cantidad total de mano de obra L implica una mayor (menor) demanda de trabajo y, por tanto, una mayor (menor) producción de armas por parte del agente armado i.

Se puede probar que el número de agentes armados enfrentados incide negativamente en la cantidad de armas producidas. Esto significa que el impacto positivo de un aumento de m sobre g es más que compensado por su efecto negativo sobre la cantidad de trabajo disponible: a mayor (menor) número de firmas, menor (mayor) es la cantidad de trabajo de que puede disponer cada firma, n_i, y, en consecuencia, menor (mayor) su producción de armas, a pesar de que un aumento de m eleva la proporción de la demanda de trabajo que cada una destina a la producción de armas. Éste es también un resultado lógico en contiendas simétricas de varios agentes[14]. Por último, un incremento en α lleva a una disminución de la producción de armas, por su efecto sobre g discutido antes.

Con base en [7] se puede obtener la cantidad de trabajo que el grupo i utiliza para producir armas, en equilibrio:

[14] Un resultado análogo se puede probar en Hirshleifer (1995).

$$l = \frac{\alpha Ln}{m(\alpha + 1) - 1} \qquad [19]$$

Igual que G, l depende positivamente de L y de n por las mismas razones. Se puede probar que depende positivamente de α e inversamente de m. La primera relación se explica por el impacto positivo de este parámetro sobre la fracción de mano de obra que cada grupo ilegal emplea para producir armas, como se precisó antes. La segunda relación se explica por la confluencia del impacto negativo de m sobre 1 – g y el impacto negativo de m sobre n_i.

PRECIO RELATIVO Y OFERTA DE BIENES

A partir de [9] en [10'], utilizando los resultados del equilibrio en el conflicto por la tierra y despejando se obtiene la expresión del precio de equilibrio relativo de la droga en función de n y de los parámetros del modelo[15]:

$$p = \frac{Am}{(1-z)BT_0\alpha} \cdot \left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1}\right]^{1-\alpha} \qquad [20]$$

Por otra parte, con [3], [4], [5] y [19] en equilibrio de Nash se obtiene la oferta agregada esperada de drogas:

$$E(q^s) = (1-z)BT_0 \cdot \left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1}\right]^{\alpha} \qquad [21]$$

La oferta potencial de drogas, en cambio, está dada por:

$$q^s = BT_0 \cdot \left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1}\right]^{\alpha} \qquad [22]$$

La oferta agregada del bien y está dada por su función de producción:

$$Y^s = A(1 - n)L \qquad [23]$$

Consumo

Se supone que los agentes tienen preferencias cuasilineales de tipo:

$$U(y^d, q^d) = y^d + \gamma\left(\frac{{q^d}^{1-\theta} - 1}{1-\theta}\right), \quad \gamma > 0, \theta > 0$$

[15] Esta aún no es una expresión reducida, ya que n es endógena en equilibrio general.

El problema que resuelven trabajadores y empresarios (grupos armados ilegales[16]) es:

$$\max_{y^d, q^d} U(y^d, q^d) = y^d + \gamma\left(\frac{q^{d\,1-\theta} - 1}{1-\theta}\right)$$

$$\text{s.a } y^d + p \cdot q^d \leq I$$

Como la utilidad es lineal en y^d, la solución de este problema puede dar soluciones de esquina. Esto no permite utilizar la opción clásica y se debe utilizar programación matemática. Por el *teorema Kuhn-Tucker* hay que definir un lagrangiano y derivar tres condiciones de primer orden con las respectivas restricciones de no negatividad y de holgura complementaria. En principio, se tendrían 8 patrones de ecuaciones y desigualdades. Pero en este caso se puede probar que se tienen sólo dos tipos de solución:

Tipo 1: $q^d = I/P, y^d = 0$ si $I \leq \gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta}$
Tipo 2: $q^d = \gamma^{1/\theta} p^{-1/\theta}$, $y^d = I - \gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta}$ si $I > \gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta}$

De modo que agentes con niveles de renta relativamente bajos –en este caso menores que $\gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta}$– demandan drogas únicamente en función de la renta y del precio. En cambio, para agentes con niveles de renta relativamente altos –en este caso mayores que $\gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta}$– la demanda de drogas depende del precio, del parámetro que capta el sesgo hacia el consumo de drogas (γ) y del parámetro de aversión relativa al riesgo (el recíproco de la elasticidad precio de la demanda). La demanda del resto de bienes (y^d) depende del ingreso y corresponde al remanente que queda luego del consumo de drogas. En lo que sigue se supone por sencillez que todos los agentes son del tipo II, aunque como ya se observó, una versión más realista del modelo debería contemplar la existencia de consumidores del tipo II, especialmente en economías donde una franja importante de la población se halla en la miseria absoluta. A partir de las condiciones de Kuhn-Tucker y analizando los patrones de ecuaciones y desigualdades resultantes se obtienen las funciones de demanda marshallianas:

$$q^d = \gamma^{1/\theta} p^{1/1/\theta} \qquad [24]$$

$$y^d = I - \gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta} \qquad [25]$$

[16] Los trabajadores del sector productor de drogas, desde luego, hacen parte de los grupos armados ilegales. No obstante, se trata a los empresarios como “grupos armados” en sí, ya que constituyen su base logística, política y militar. Por otra parte, cabe señalar que los empresarios del sector del bien *y* no consumen, pues en equilibrio sus ganancias son nulas.

Así, mientras que para un asalariado se obtiene:

$$q_w^d = \gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta} \quad [26]$$

$$y_w^d = w - \gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta} \quad [27]$$

para un empresario se obtiene:

$$q_i^d = \gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta} \quad [28]$$

$$y_i^d = E\left[\Pi(n_i)\right] - \gamma^{1/\theta} p^{1-1/\theta} \quad [29]$$

La demanda agregada de drogas está dada por:

$$q^d = q_w^d L + q_i^d m \quad [30]$$

Análogamente, la demanda agregada del bien y está dada por:

$$y^d = y_w^d L + y_i^d m \quad [31]$$

Equilibrio general

Como por la ley de Walras basta hallar el equilibrio en uno de los mercados, se obtiene el equilibrio en el mercado de drogas. Éste se cumple cuando la oferta agregada esperada es igual a su demanda agregada:

$$E(q^s) = q_w^d L + q_i^d m \quad [32]$$

Conforme a [20] la demanda de un asalariado es igual a:

$$q_w^d = \gamma^{1/\theta} \left[\frac{Am}{(1-z)BT_0\alpha} \cdot \left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1} \right]^{1-\alpha} \right]^{1-1/\theta} \quad [33]$$

Análogamente, la demanda de un empresario en equilibrio general es:

$$q_i^d = \gamma^{1/\theta} \left[\frac{Am}{(1-z)BT_0\alpha} \cdot \left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1} \right]^{1-\alpha} \right]^{1-1/\theta} \quad [34]$$

Ahora, sustituyendo [21], [33] y [34] en [32], y mediante algunas operaciones algebraicas, se llega a una expresión reducida explícita de n en función de los parámetros que cierra el modelo en equilibrio general:

$$n^* = \left[\frac{m(\alpha+1)-1}{\alpha L} \right] \left[\left((1-z)BT_0\right)^{1-\theta} \left(L+m\right)^{\theta} \left(\frac{\gamma L}{Am} \right) \right]^{\frac{1}{1-\alpha(1-\theta)}} \quad [35]$$

La ecuación [35] permite plantear la siguiente proposición.

Proposición 2: *En equilibrio general con preferencias cuasilineales una fracción positiva pero menor que* 1 *de la mano de obra total se ocupa en el sector productor de drogas.*

Prueba: *Como por hipótesis* $m(\alpha + 1) > 1$ *es claro que el lado derecho de* [35] *es positivo. Falta probar que* $n* < 1$. *Para esto nótese primero intuitivamente que como por hipótesis* $I > \gamma^{1/\theta} P^{1-1/\theta}$, *trabajadores y empresarios consumen cantidades positivas del bien y. Así, la producción es positiva, y una parte de la mano de obra total debe ser empleada en su producción. Se infiere que la proporción de mano de obra empleada en la producción de drogas debe ser menor que* 1. *Formalmente también se puede probar por reducción al absurdo que* $n* < 1$. *Como* $I > \gamma^{1/\theta} P^{1-1/\theta}$, *se cumple, para los trabajadores y los empresarios, que los ingresos totales de la economía son mayores que el valor de la demanda agregada de drogas:*

$$L \cdot w + mE[\Pi(n)] > (L + m)\gamma^{1/\theta}p^{1-1/\theta} \cdot p \qquad [36]$$

Por otra parte, de [20] y [15] en [16]:

$$E[\Pi_q] = \frac{ALn}{(m(\alpha+1)-1)}\left[(1/m)-\alpha\right] \qquad [37]$$

Y puesto que $A = w$, de [37] en [36] se obtiene:

$$L \cdot A + m\frac{ALn}{(m(\alpha+1)-1)}\left[(1/m)-\alpha\right] > (L+m)\gamma^{1/\theta}p^{1-1/\theta} \cdot p$$

Haciendo $n = 1$, mediante operaciones algebraicas se llega a:

$$\left[\frac{m(\alpha+1)-1}{\alpha L}\right]\left[\left((1-z)BT_0\right)^{1-\theta}\left(L+m\right)^{\theta}\left(\frac{\gamma L}{Am}\right)\right]^{\frac{1}{1-\alpha(1-\theta)}} < 1$$

De manera que $n = 1 \Rightarrow \left[\frac{m(\alpha+1)-1}{\alpha L}\right]\left[\left((1-z)BT_0\right)^{1-\theta}\left(L+m\right)^{\theta}\left(\frac{\gamma L}{Am}\right)\right]^{\frac{1}{1-\alpha(1-\theta)}} < 1$

Pero esto es imposible, ya que haciendo $n = 1$ en [35] se obtiene:

$$1 = \left[\frac{m(\alpha+1)-1}{\alpha L}\right]\left[\left((1-z)BT_0\right)^{1-\theta}\left(L+m\right)^{\theta}\left(\frac{\gamma L}{Am}\right)\right]^{\frac{1}{1-\alpha(1-\theta)}}$$

Se infiere que n^* *no puede ser* 1, *de modo que se descarta la posibilidad de una solución de esquina en equilibrio general. Además, como por definición* n *es una proporción,* n^* *tampoco puede ser mayor que* 1.

Corolario 1: *El modelo de narcotráfico y conflicto con preferencias cuasilineales da lugar a una solución interior de* n *en equilibrio general.*

Así, en equilibrio general $n* = (z, T_0, B, \gamma, L, m, \theta, \alpha)$, con $0 < n* < 1$, por lo que se puede hacer estática comparativa alrededor del punto de equilibrio general.

Estática comparativa

En primer lugar, un aumento de la probabilidad de interdicción afecta a n según como sea la elasticidad precio de la demanda de drogas. Al crecer z, de [21], baja la oferta esperada, y según [20] aumenta el precio (*ceteris paribus* n) Por tanto, aumentan las ganancias obtenidas por las firmas narcotraficantes (*ceteris paribus*), lo que induce a emplear más trabajadores en este sector. Las ganancias obtenidas (por las firmas cuya producción no es capturada) corresponden a:

$$\Pi_q(n_i) = p\phi_i T_0 l_i^{\alpha} - wn_i$$

Utilizando los resultados de equilibrio obtenidos en las secciones anteriores y luego de algunas operaciones algebraicas se obtiene una expresión de las ganancias realizadas en función de n:

$$\Pi_q(n_i) = \frac{ALn}{m(m(\alpha+1)-1)}\left[\frac{z(m \quad + m - 1) + 1 - m\alpha}{(1-z)}\right] \tag{38}$$

[17]

Y se puede probar que *ceteris paribus* n, $\frac{\partial \Pi_q}{\partial z} = \frac{ALn}{(m(1+\alpha)-1)} > 0$. Pero el efecto definitivo depende de qué tan fuerte reaccione la demanda de drogas ante el aumento del precio, ya que de ello depende la cantidad de drogas que puede vender cada firma. Si la elasticidad precio de la demanda (ε_p) es menor que 1, es decir, si $\theta > 1$, la reducción de la demanda de drogas inducida por el aumento del precio no es suficientemente grande para disminuir o mantener constante la proporción de mano de obra que se emplea en el sector, de modo que termina aumentando. En cambio, si ε_p es mayor que 1 sucede lo contrario: la demanda de droga baja tanto que el efecto neto sobre la proporción total de mano de obra que se emplea en el sector es negativo. Si la elasticidad precio de la demanda es 1 ($\varepsilon_p = 1 \wedge \theta = 1$), n no se varía por un aumento de la probabilidad de interdicción, porque el efecto positivo del aumento del precio sobre las ganancias –que se podría llamar *efecto directo* o *efecto ganancias obtenidas*– es compensado por el efecto sobre la demanda, que se podría llamar *efecto indirecto* o *efecto demanda*. Así, se puede plantear la siguiente proposición.

[17] Igual que con las ganancias esperadas, se puede probar que las ganancias obtenidas también resultan positivas según los supuestos del modelo.

Proposición 3: *En el modelo de narcotráfico y conflicto el aumento de la probabilidad de interdicción y destrucción de las drogas lleva a emplear una mayor (menor) proporción de mano de obra en este sector si y sólo si la elasticidad precio de la demanda de drogas es menor que* 1 *(mayor que* 1*)*[18].

Prueba: De [35]:

$$\frac{dn^*}{dz} = \frac{-(1-\theta)}{(1-\alpha(1-\theta))(1-z)}\left[\frac{m(\alpha+1)-1}{\alpha L}\right]\left[((1-z)BT_0)^{1-\theta}(L+m)^{\theta}\left(\frac{\gamma L}{Am}\right)\right]^{\frac{1}{1-\alpha(1-\theta)}}$$

y

$$\frac{dn^*/dz}{n^*} = \frac{(\theta-1)}{(1-\alpha(1-\theta))(1-z)}$$

Como $(1-\alpha(1-\theta)) > 0$ se infiere que:

$$\frac{dn^*}{dz} \underset{<}{\geq} 0 \leftrightarrow \theta \underset{<}{\geq} 1\text{, esto es,} \frac{dn^*}{dz} \underset{<}{\geq} 0 \leftrightarrow \varepsilon_p \underset{>}{\leq} 1$$

Corolario 2: *En el modelo de narcotráfico y conflicto con preferencias cuasilineales los cambios en la probabilidad de interdicción y destrucción,* z*, no afectan a* n* *si y solo si la elasticidad precio de la demanda de drogas es* 1.

Teniendo en cuenta estos resultados se puede calcular el efecto total de un aumento de la probabilidad de interdicción sobre las ganancias obtenidas y esperadas, y el precio relativo de la droga. De [20], según la proposición 3, y mediante operaciones de álgebra se llega a:

$$\frac{dp^*/dz}{p^*} = \frac{1-2\alpha(1-\theta)}{(1-z)(1-\alpha(1-\theta))} > 0 \qquad [39]$$

que muestra que el efecto total de un aumento de la probabilidad de interdicción sobre el precio de las drogas en términos porcentuales es positivo. Si la demanda es inelástica $(\theta > 1)$, la variación porcentual del precio es mayor que 1, debido al incremento de n*, que refuerza el impacto directo de z sobre p. Si la demanda es elástica $(\theta > 1)$, la variación puede ser menor que 1 porque la reducción de n* debilita el impacto directo de z sobre p. En el caso especial de elasticidad unitaria la variación también es mayor que 1, pues n* no varía.

Por otra parte, se puede probar que cuando z aumenta, el efecto neto sobre las ganancias esperadas en términos porcentuales es positivo e igual a la variación porcentual de n. El efecto sobre las ganancias ob-

[18] En el apéndice se prueba ese resultado para el modelo con preferencias CES.

tenidas en términos porcentuales no es igual a la variación porcentual de n, pero depende de ella.

Un aumento de la productividad en la elaboración de drogas también afecta la proporción de mano de obra que se emplea en su producción, dependiendo de la elasticidad precio de la demanda. Cuando B aumenta se eleva la oferta esperada de drogas (de [21]), y de acuerdo con [20] baja su precio relativo, lo que incentiva a las firmas a emplear menor cantidad de mano de obra. Pero como la demanda de drogas aumenta cuando baja su precio relativo, el efecto neto sobre n depende del valor de la elasticidad precio de la demanda. Si es elástica ($\varepsilon_p > 1 \wedge \theta < 1$), el descenso del precio induce un aumento de la demanda –*un efecto de demanda* positivo– que puede más que compensar el efecto negativo sobre las ganancias obtenidas y llevar a que n* aumente. Pero si la demanda es inelástica ($\varepsilon_p < 1 \wedge \theta > 1$), el efecto positivo sobre la cantidad demandada no es suficiente para neutralizar el efecto negativo sobre las ganancias obtenidas, de modo que n disminuye en definitiva. Si la elasticidad precio de la demanda es 1, esos dos efectos se compensan y n* no se altera.

Proposición 4: *En el modelo de narcotráfico y conflicto con preferencias cuasilineales el aumento de la productividad del narcotráfico lleva a emplear una mayor (menor) proporción de mano de obra en el sector productor si y sólo si la elasticidad precio de la demanda de drogas es mayor (menor) que* 1.

Prueba: De [35]:

$$\frac{dn^*}{dB} = \frac{(1-\theta)}{(1-\alpha(1-\theta))B}\left[\frac{m(\alpha+1)-1}{\alpha L}\right]\left[((1-z)BT_0)^{1-\theta}(L+m)^{\theta}\left(\frac{\gamma L}{Am}\right)\right]^{\frac{1}{1-\alpha(1-\theta)}}$$

y

$$\frac{dn^*/dB}{n^*} = \frac{(1-\theta)}{(1-\alpha(1-\theta))B}$$

Como $(1-\alpha(1-\theta)) > 0$ se infiere que:

$$\frac{dn^*}{dB} \underset{<}{\geq} 0 \leftrightarrow \theta \underset{>}{\leq} 1, \text{ es decir, } \frac{dn^*}{dB} \underset{<}{\geq} 0 \leftrightarrow \varepsilon_p \underset{<}{\geq} 1$$

A partir de [20] y la proposición 4 se puede probar que un aumento de B produce un efecto neto negativo sobre el precio de las drogas en equilibrio general. Se llega a:

$$\frac{dp^*/dB}{p^*} = \frac{2\alpha(1-\theta)-1}{(1-\alpha(1-\theta))B} < 0 \qquad [40]$$

una expresión que siempre es negativa según los supuestos del modelo. De hecho, si la demanda es elástica $(0 < \theta < 1)$ la variación porcentual del precio de las drogas es menor que 1 en valor absoluto, ya que el efecto directo negativo de T_0 sobre P es compensado en parte por el aumento de n^*. Pero si la elasticidad precio de la demanda es menor que 1, la variación porcentual del precio es mayor que 1 en términos absolutos, porque el efecto negativo directo de T_0 sobre p es reforzado por el efecto negativo sobre n^*. Si la elasticidad es unitaria, el efecto sobre el precio es también mayor que 1 en valor absoluto, pues no hay ninguna modificación de n^* que pueda debilitar el impacto negativo directo de T_0 sobre p.

El efecto neto total de un aumento de la productividad sobre las ganancias efectivas y las esperadas en términos porcentuales también depende de la elasticidad precio de la demanda y es igual a la variación porcentual que se produce en n^* cuando esto sucede.

Un aumento de la cantidad de tierra cultivable también afecta la proporción de mano de obra en forma análoga a un aumento de la productividad del sector.

Proposición 5: *En el modelo de narcotráfico y conflicto con preferencias cuasilineales una reducción de la cantidad de tierra cultivable disponible lleva a emplear una (menor) mayor proporción de mano de obra en el sector productor de drogas si y sólo si la elasticidad precio de la demanda de drogas es menor (mayor) que* 1.

Prueba: De [35]:

$$\frac{dn^*}{dT_0} = \frac{(1-\theta)}{(1-\alpha(1-\theta))T_0}\left[\frac{m(\alpha+1)-1}{\alpha L}\right]\left[((1-z)BT_0)^{1-\theta}(L+m)^{\theta}\left(\frac{\gamma L}{Am}\right)\right]^{\frac{1}{1-\alpha(1-\theta)}}$$

y

$$\frac{dn^*/dT_0}{n^*} = \frac{(1-\theta)}{(1-\alpha(1-\theta))T_0}$$

Como $(1-\alpha(1-\theta)) > 0$, se infiere que:

$$\frac{dn^*}{dT_0} \; \substack{\geq \\ <} \; 0 \leftrightarrow \theta \; \substack{\leq \\ >} \; 1\text{, es decir, } \frac{dn^*}{dT_0} \; \substack{\geq \\ <} \; 0 \leftrightarrow \varepsilon_p \; \substack{\geq \\ <} \; 1$$

A partir de [20] y la proposición 5 se puede probar que un aumento de la cantidad de tierra disponible produce un efecto neto negativo sobre el precio de las drogas en equilibrio general. Se llega a:

$$\frac{dp^*/dT_0}{p^*} = \frac{2\alpha(1-\theta)-1}{\left(1-\alpha(1-\theta)\right)T_0} < 0 \qquad [41]$$

una expresión que siempre es negativa según los supuestos del modelo. Si la demanda es elástica ($0 < \theta < 1$), la variación porcentual del precio de las drogas es menor que 1 en valor absoluto, pues el efecto negativo directo de T_0 sobre p es compensado en parte por el incremento de n^*. Pero si la elasticidad precio de la demanda es menor que 1, la variación porcentual del precio es mayor que 1 en términos absolutos, porque el efecto negativo directo de T_0 sobre p es reforzado por el efecto negativo sobre n^*. Si la elasticidad es unitaria el efecto sobre el precio sigue siendo mayor que 1 en valor absoluto, pues no hay ninguna variación de n^* que atenúe el efecto negativo directo de T_0 sobre p.

El efecto neto total de un aumento de la cantidad de tierra disponible sobre las ganancias efectivas y esperadas en términos porcentuales también depende de la elasticidad precio de la demanda y es igual a la variación porcentual de n^* cuando esto sucede.

La incidencia de los aumentos de la probabilidad de interdicción, de las reducciones de la cantidad de tierra cultivable y de los aumentos de la productividad del narcotráfico son claves para entender lo que ha sucedido con el precio de las drogas en las últimas décadas. El precio de la cocaína ha disminuido en promedio desde 1990 porque la mayor probabilidad de interdicción y la reducción de la superficie cultivada registrada han generado una tendencia al alza del precio que ha sido más que compensada por la tendencia a la baja originada por el aumento de la productividad en los cultivos de hoja de coca y en la fabricación de clorhidrato. Por las proposiciones 3 y 4, esto es lógico según las predicciones del modelo y se mostrará más claramente en la siguiente sección.

Por otra parte, un incremento del sesgo en el consumo de drogas lleva a aumentar la proporción de mano de obra que se emplea en la producción de drogas, porque eleva su demanda relativa y, por ende, estimula su producción y su oferta relativa.

Proposición 6: *En el modelo de narcotráfico y conflicto con preferencias cuasilineales el incremento del sesgo hacia el consumo de drogas lleva a emplear una mayor proporción de mano de obra en el sector productor de drogas.*

Prueba: De [35]:

$$\frac{dn^*}{d\gamma}=\frac{1}{\gamma\left(1-\alpha(1-\theta)\right)}\left[\frac{m(\alpha+1)-1}{\alpha L}\right]\left[\left((1-z)BT_0\right)^{1-\theta}(L+m)^{\theta}\left(\frac{\gamma L}{Am}\right)\right]^{\frac{1}{1-\alpha(1-\theta)}}>0$$

y

$$\frac{dn^*/d\gamma}{n^*}=\frac{1}{\gamma\left(1-\alpha(1-\theta)\right)}>0$$

Se puede probar que un incremento de γ produce un aumento de las ganancias obtenidas y esperadas y el precio relativo de las drogas (en términos porcentuales) igual a la variación porcentual de n^*, pues γ no afecta en forma directa a estas variables sino a través de n.

Un aumento de la mano de obra disponible afecta a n^* dependiendo de qué tan grande sea ésta con respecto al número de firmas y a la elasticidad precio de la demanda. Porque al aumentar L (de [20]) aumenta el precio relativo de equilibrio así como las ganancias efectivas y las esperadas (según [37] y [38]). Al mismo tiempo un aumento de L tiene un efecto positivo directo en la demanda de drogas (de [30]) y del resto de bienes, y por esta vía estimula la oferta de ambos tipos de bienes. Pero, de nuevo, el efecto neto depende del efecto colateral del aumento del precio sobre la demanda. Si la elasticidad precio de la demanda es suficientemente pequeña (alta) en relación con la cantidad relativa L con respecto a m, un aumento de L induce un aumento (una reducción) de la mano de obra empleada para producir drogas, ya que el efecto de L sobre p reduce relativamente poco (bastante) su demanda.

Proposición 7: *En el modelo de narcotráfico y conflicto con preferencias cuasilineales el aumento de la mano de obra disponible lleva a emplear una mayor proporción de mano de obra en el sector productor de drogas cuando* L *es suficientemente grande con respecto al número de firmas y a la elasticidad precio de la demanda del sector.*

Prueba: De [35]:

$$\frac{dn^*}{dL}=n^*\left[\frac{\theta}{L+m}\cdot\frac{1}{\left(1-\alpha(1-\theta)\right)}-\frac{1}{L}\right]\underset{<}{\overset{\geq}{=}}0\Leftrightarrow\frac{L}{L+m}\underset{<}{\overset{\geq}{=}}\frac{\left(1-\alpha(1-\theta)\right)}{\theta}$$

El efecto neto sobre el precio relativo de las drogas en términos porcentuales es positivo ya que:

$$\frac{dp^*/dL}{p^*}=\frac{\theta}{\left(1-\alpha(1-\theta)\right)}\frac{1}{L+m}>0 \qquad [42]$$

Esto significa que así la elasticidad precio de la demanda sea alta, el impacto directo de L sobre p es suficientemente fuerte para contrarrestar una posible reducción de n. También se puede probar que el efecto sobre las ganancias efectivas y esperadas es positivo e idéntico al del precio.

Por último consideremos un aumento del número de firmas. Inicialmente disminuyen las ganancias esperadas (de [37]) pero también la oferta esperada de drogas, y como estimula la demanda, lleva a un aumento de su precio relativo, que la afecta de nuevo indirectamente y en sentido contrario. Si la elasticidad precio de la demanda es suficientemente pequeña con respecto al número relativo de firmas (en relación con el de trabajadores), el impacto directo sobre la demanda es mayor que el indirecto y la proporción de mano de obra que se emplea en la producción termina aumentando.

Proposición 8: *En el modelo de narcotráfico y conflicto con preferencias cuasilineales, el aumento del número de firmas lleva a emplear una mayor proporción de mano de obra en la producción de drogas cuando la elasticidad precio de la demanda es suficientemente pequeña con respecto al número relativo de firmas.*

Prueba: Transformando [35] mediante operaciones algebraicas:

$$\frac{dn^*/dL}{n^*} = \frac{(\alpha+1)}{(m(\alpha+1)-1)} + \left[\frac{\theta \cdot m-(L+m)}{(L+m)(1-\alpha(1-\theta))\theta}\right]$$

de modo que:

$$\varepsilon_p < \frac{m}{m+L} \Rightarrow \frac{dn^*/dL}{n^*} > 0$$

Es de esperar que cuando la elasticidad precio de la demanda sea suficientemente pequeña, el efecto neto sobre el precio relativo y las ganancias de los narcotraficantes –obtenidas y esperadas– sea positivo, debido al incremento de n*. Pero es difícil probarlo algebraicamente.

PRINCIPALES PREDICCIONES DEL MODELO

Las estadísticas de la UNOCD indican que el número de hectáreas de cultivo de coca erradicadas en los tres principales países productores ha crecido vertiginosamente con el Plan Colombia desde el año 2000, de 16.716 ha erradicadas manualmente en 1990 (UNOCD, 1999) a

111.261 ha en 2008 (UNOCD, 2009), es decir, a una tasa del 9,9%. Pero el mayor incremento se observa luego de la implementación del Plan Colombia. Mientras que la tasa de crecimiento del número de hectáreas erradicadas fue de apenas un 0,31% entre 1990 y 2000, fue del 20,64% entre 2000 y 2008. El volumen de alcaloide incautado también creció notablemente en la última década, de 88.891.362 kg –de base y sales de coca, incluyendo crack– en 2001 a 214.850.932 kg en 2006 (UNOCD, 2009), es decir, a una tasa implícita del 14,7% durante este período.

Estas cifras sugieren que otro factor decisivo en el comportamiento de los precios y de la oferta de coca –aparte del descenso progresivo de la superficie cultivada– han sido las políticas de represión de la oferta, que determinan los niveles de erradicación de cultivos ilícitos y de interdicción del alcaloide y, en consecuencia, de la probabilidad de interdicción y erradicación, que en el modelo se representa mediante z. Las cifras indican entonces que a pesar del fuerte incremento de z y la disminución progresiva de la superficie cultivada –que en el modelo corresponde a T_0– los precios del alcaloide descendieron entre 1990 y 2000. Puesto que estos dos fenómenos inciden positivamente en los precios, del modelo se infiere que el aumento de la productividad en la cosecha de hoja de coca y en la fabricación de clorhidrato de cocaína –representado por el aumento de B– ha sido uno de los factores fundamentales para revertir la tendencia provocada por los dos fenómenos señalados. De ser así, los aumentos de productividad de las dos últimas décadas deben haber sido suficientemente fuertes como para revertir los efectos de los aumentos de z y las reducciones de T_0.

De acuerdo con el modelo teórico de la sección anterior, la variación porcentual total de los precios del alcaloide está dada por la expresión siguiente, que resulta de conjugar los efectos parciales de z, T_0 y B. Combinando [39], [40] y [41] y haciendo algunas operaciones algebraicas se obtiene:

$$\frac{\Delta p^*}{p^*} = \left(\frac{2\alpha(1-\theta)-1}{(1-\alpha(1-\theta))}\right) \cdot \left[\frac{\Delta T_0}{T_0} + \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta(1-z)}{(1-z))}\right] \qquad [43]$$

Puesto que con los supuestos del modelo $\left(\frac{2\alpha(1-\theta)-1}{(1-\alpha(1-\theta))}\right) < 0$, se infiere que la suma de las variaciones porcentuales de la cantidad de tierra cultivable disponible, las variaciones del parámetro de productividad de la producción de drogas y de $(1-z)$[19] tiene una relación inversamente

[19] (1 - z) se puede interpretar como la probabilidad de éxito de los narco-

proporcional a la variación porcentual de los precios de la droga. Se puede entonces plantear el siguiente teorema:

Teorema 1: *Bajo los supuestos del modelo, ceteris paribus, la suma de las variaciones porcentuales de* B, T_0 y (1 – z) *incide de forma inversamente proporcional en el precio de equilibrio de los estupefacientes.*

Prueba: De [43] y denotando a $\frac{\Delta T_0}{T_0}+\frac{\Delta B}{B}+\frac{\Delta(1-z)}{(1-z))}$ como x se obtiene:

$$\frac{d}{dx}\left(\frac{\Delta p^*}{p^*}\right)=\left(\frac{2\alpha(1-\theta)-1}{(1-\alpha(1-\theta))}\right)<0$$

Corolario 3: $\frac{\Delta p^*}{p^*}\underset{<}{\geq} 0 \leftrightarrow x \underset{>}{\leq} 0$

Así, como efectivamente durante las últimas décadas $\frac{\Delta T_0}{T_0}<0$ y $\frac{\Delta z}{z}>0$, o lo que es lo mismo, $\frac{\Delta T_0}{T_0}<0$ y $\frac{\Delta(1-z)}{(1-z)}<0$, y si los otros parámetros relevantes se han mantenido relativamente invariables, se infiere por el Teorema 1 que $\frac{\Delta B}{B}>0$, ya que de [43]:

$\frac{\Delta p^*}{p^*}<0 \leftrightarrow x>0$ y, más exactamente, $\frac{\Delta p^*}{p^*}<0 \leftrightarrow \frac{\Delta B}{B}>-\left(\frac{\Delta T_0}{T_0}+\frac{\Delta(1-z)}{(1-z))}\right)$

Por otra parte, se deduce que la relación entre x y las variaciones porcentuales en la proporción de mano de obra empleada en la producción de drogas ilícitas depende de la elasticidad precio de la demanda. Usando las proposiciones 3, 4 y 5 y un poco de álgebra, se llega a:

$$\frac{\Delta n}{n}=\frac{(1-\theta)}{(1-\alpha(1-\theta))}\cdot\left[\frac{\Delta T_0}{T_0}+\frac{\Delta B}{B}+\frac{\Delta(1-z)}{(1-z))}\right] \qquad [44]$$

De manera que se puede plantear el siguiente teorema:

Teorema 2: *Con los supuestos del modelo, ceteris paribus, el efecto de la suma de las variaciones porcentuales de* B, T_0 y (1 – z) *sobre la proporción de mano de obra empleada en el narcotráfico depende de la elasticidad precio de la demanda.*

traficantes en la producción y tráfico de drogas ilícitas, o como la fracción de la producción potencial de drogas que no se incauta o no se deja de producir por la erradicación de cultivos de coca.

Prueba: De [40] se obtiene $\frac{d}{dx}\left(\frac{\Delta n^*}{n^*}\right)=\frac{(1-\theta)}{(1-\alpha(1-\theta))} \underset{<}{\geq} 0 \leftrightarrow \varepsilon_p \underset{<}{\geq} 1$

Si $\frac{\Delta p^*}{p^*}<0 \leftrightarrow x>0$ y, en efecto, se tiene que $x > 0$, el teorema 2 implica que $\frac{\Delta n^*}{n^*} \underset{<}{\geq} 0 \leftrightarrow \varepsilon_p \underset{<}{\geq} 1$. Por tanto, según las estadísticas de la UNODC, el modelo teórico predice que el descenso observado del precio de la cocaína puede ser compatible con un aumento de la proporción de mano de obra empleada en el narcotráfico si y sólo si la elasticidad precio de la demanda es mayor que 1, puesto que en ese caso el descenso del precio inducido por la conjunción de las variaciones de T_0, z y B incentiva la demanda lo suficiente para contrarrestar los efectos negativos causados en la oferta por la baja inicial del precio[20] y su impacto negativo sobre las ganancias de las firmas. En cambio, el modelo predice que un descenso de los precios es compatible con una reducción de la proporción de mano de obra empleada en el narcotráfico si y sólo si la elasticidad precio de la demanda es menor que 1. En este caso, el descenso del precio no incentiva lo suficiente la demanda para compensar el impacto negativo sobre la oferta causado por el descenso inicial de los precios.

Cuando la elasticidad precio de la demanda es unitaria, las variaciones porcentuales en T_0, z y B no alteran la proporción de la mano de obra empleada en el narcotráfico, ya que la baja del precio induce un aumento de la demanda suficientemente fuerte para compensar el impacto negativo que se genera sobre la oferta a través de la disminución en las ganancias esperadas de las firmas.

CONCLUSIONES

El modelo propuesto confirma los planteamientos de Ortiz (2001 y 2003) y Becker, Murphy y Grossman (2004 y 2006) sobre las consecuencias negativas de las políticas de represión de la oferta de drogas ilícitas como la cocaína y la heroína: el aumento de la probabilidad de interdicción o de erradicación lleva *ceteris paribus* a incrementos del precio de las drogas, y si la elasticidad precio de la demanda es menor que 1 –como es de esperar, al menos en el corto plazo–, son contraproducentes pues terminan elevando la proporción de mano de

[20] Hago referencia a la baja inicial del precio porque la variación inducida en n también produce un efecto secundario sobre el precio de equilibrio, como indica el análisis de estática comparativa de la sección anterior.

obra que se emplea en su producción y, en consecuencia, alentando estas actividades ilícitas.

También permite probar, entre otras cosas, que el aumento de la productividad del narcotráfico induce *ceteris paribus* descensos del precio de las drogas, y reducciones de la proporción de mano de obra empleada en su producción si la elasticidad precio de la demanda de drogas es menor que 1. Así mismo, muestra un efecto análogo del aumento de la superficie cocalera sobre las mismas variables.

El modelo revela que el factor clave en el análisis de los mercados de drogas ilegales es la elasticidad precio de la demanda, ya que de su valor depende el impacto de las políticas de represión, el progreso técnico en la producción y distribución de drogas, y los cambios en la cantidad de tierra disponible para cultivar coca sobre el desempeño económico del sector.

Estos resultados permiten explicar por qué el precio de la cocaína ha bajado en promedio durante las dos últimas décadas: a pesar de que desde 1990 –y en especial desde 2000, con la implementación del Plan Colombia– se han fortalecido las políticas de represión de la oferta, elevando enormemente el nivel de erradicación e interdicción, y reduciendo el número registrado de hectáreas de coca, el precio del alcaloide ha disminuido en promedio por los fuertes incrementos de la productividad del sector. Por tanto, se demuestra que Mejía y Posada (2007) tienen razón en su hipótesis explicativa del *enigma fundamental* que descubrió Jeffrey Miron hace casi nueve años; efectivamente el aumento de la productividad del narcotráfico es un factor clave. Este trabajo es entonces un avance en la solución del enigma. Pero como se advirtió al comienzo, los trabajos siguientes deben hacer un examen empírico riguroso de las predicciones del modelo. Este sería un aporte fundamental a la investigación sobre el narcotráfico y el funcionamiento de los mercados de drogas ilegales.

APÉNDICE 1: EL MODELO CON PREFERENCIAS CES

Adoptemos los mismos supuestos del modelo básico y que la solución del problema de la producción de las firmas y del conflicto por la tierra (ecuaciones [2]-[23]). Pero supongamos que los consumidores tienen preferencias CES del tipo:

$$U(y^d, q^d) = \left[\beta \cdot y^{d^\rho} + (1-\beta) \cdot q^{d^\rho}\right]^{1/\rho} \qquad [A1]$$

donde la elasticidad de sustitución del consumo es $\sigma = \dfrac{1}{1-\rho} \geq 0$, β y $1-\beta$ son las valoraciones relativas de y y q. La solución del problema de elección que resuelve un consumidor representativo permite obtener las funciones de demanda marshallianas:

$$y^d = \frac{(1-\beta)^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot I}{(1-\beta)^{-\frac{1}{1-\rho}} + \beta^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot p^{-\frac{\rho}{1-\rho}}} \qquad [A2]$$

$$q^d = \frac{\beta^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot p^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot I}{(1-\beta)^{-\frac{1}{1-\rho}} + \beta^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot p^{-\frac{\rho}{1-\rho}}} \qquad [A3]$$

Así, mientras la función de demanda de drogas de los trabajadores es:

$$q_w^d = \frac{\beta^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot p^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot w}{(1-\beta)^{-\frac{1}{1-\rho}} + \beta^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot p^{-\frac{\rho}{1-\rho}}} \qquad [A4]$$

y la de los empresarios corresponde a:

$$q_i^d = \frac{\beta^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot p^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot E[\pi(n_i)]}{(1-\beta)^{-\frac{1}{1-\rho}} + \beta^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot p^{-\frac{\rho}{1-\rho}}} \qquad [A5]$$

Puesto que el equilibrio general exige que la demanda agregada de drogas sea igual a la oferta agregada, debe cumplirse:

$$(1-z)BT_0\left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1}\right]^{\alpha} = \frac{\beta^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot p^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot}{(1-\beta)^{-\frac{1}{1-\rho}} + \beta^{-\frac{1}{1-\rho}} \cdot p^{-\frac{\rho}{1-\rho}}} \cdot \left(wL + E[\pi(n_i)]m\right) \qquad [A6]$$

Operando algebraicamente sobre [9], [16] y [20], y suponiendo que $\beta = 1 - \beta = 0,5$, se obtiene una ecuación que expresa el equilibrio general de esta economía con preferencias CES.

$$\frac{L\alpha}{m}\left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1}\right]^{\frac{(\alpha\rho-1)}{(1-\rho)}} \cdot \left(1 + \frac{(1-\alpha m)nm}{m(\alpha+1)-1}\right) - \left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1}\right]^{-\frac{(1-\alpha)\rho}{(1-\rho)}} = \left(\frac{Am}{(1-z)BT_0\alpha}\right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} \qquad [A7]$$

El lado izquierdo es función de n. Llamamos $\Phi(n)$ a esa función. Se puede probar que si la elasticidad de sustitución es mayor o igual a 1, entonces $\Phi'(n) < 0$. Cuando la elasticidad de sustitución es menor que 1 se puede probar que $\Phi'(n) < 0$ si la demanda no es demasiado inelástica. Y plantear la siguiente proposición:

Proposición A1: Si se trata de bienes que son malos sustitutos, el aumento de la probabilidad de interdicción lleva a aumentos de la fracción de la mano de obra total que se emplea en la producción de drogas. Lo contrario sucede cuando se trata de bienes que son buenos sustitutos. En el caso Cobb-Douglas, n no se afecta.

Prueba: Si [A7] se expresa como una función general F definida así:

$$F(n,\cdot) = \frac{L\alpha}{m}\left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1}\right]^{\frac{(\alpha\rho-1)}{(1-\rho)}} \cdot \left(1 + \frac{(1-\alpha m)nm}{m(\alpha+1)-1}\right) - \left[\frac{\alpha Ln}{m(\alpha+1)-1}\right]^{-\frac{(1-\alpha)\rho}{(1-\rho)}} - \left(\frac{Am}{(1-z)BT_0\alpha}\right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} \equiv 0$$

por el teorema de la función implícita y teniendo en cuenta que $\Phi'(n) = \frac{\partial F}{\partial n}$, se puede probar que:

i) $(\rho = 0 \leftrightarrow \sigma = 1) \Rightarrow \frac{dn}{dz} = 0$. (Caso Cobb-Douglas: elasticidad precio de la demanda de drogas igual a 1)

ii) $(0 < \rho < 1 \leftrightarrow \sigma > 1) \Rightarrow \frac{dn}{dz} < 0$. (Caso de bienes que son buenos sustitutos: elasticidad precio de la demanda de las drogas mayor que 1)

iii) Para valores de σ menores que 1 pero no muy pequeños, $(\rho < 0 \leftrightarrow \sigma < 1) \Rightarrow \frac{dn}{dz} > 0$ (Caso de bienes que son malos sustitutos: elasticidad precio de la demanda de drogas menor que 1)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Basov S., M. Jacobson y J. Miron. "Prohibition and the market for illegal drugs", *World Economics* 2, 4, 2001, pp. 133-157.
2. Becker, G. S., K. Murphy y M. Grossman. "The economic theory of illegal goods: The case of drugs", *NBER Working Paper Series* 10976, 2004, pp. 1-35.
3. Becker, G. S., K. Murphy y M. Grossman. "El mercado de bienes ilegales: El caso de la droga", *Revista de Economía Institucional* 8, 15, 2006, pp. 17-42. Publicado en inglés como "The market for illegal goods: The case of drugs", *Journal of Political Economy* 114, 1, 2006, pp. 38-60.
4. Hirshleifer, J. "Anarchy and it's breakdown", *The Journal of Political Economy* 103, 1, 1995, pp. 26-52.
5. Hirshleifer, J. "The macrotechnology of conflict", *Journal of Conflict Resolution* 44, 6, 2000, pp. 773-792.
6. Ibáñez, A. y C. E. Vélez. "Instrumentos de atención a la población desplazada en Colombia: una distribución desigual de las responsabilidades municipales", *Documento CEDE* 2003-37, 2003.
7. Kalmanovitz, S. y E. López. *La agricultura colombiana en el siglo XX*, Bogotá, Fondo de Cultura Económica y Banco de la República, 2006.
8. Mejía, D. y H. Grossman. "The war against drug producers", *NBER Working Papers Series* 11141, 2005, pp. 1-24.
9. Mejía, D. y C. E. Posada. "Cocaine production and trafficking: What do we know?, *Borradores de Economía* 444, 2007, pp. 1-53.
10. Mejía, D. y P. Restrepo. "The war on illegal drug production and trafficking: An economic evaluation of *Plan Colombia*", *Documentos CEDE* 2008-19, 2008.
11. Miron J. "The effect of drug prohibition on drug prices: Theory and evidence", Boston University y Bastiat Institute, 2001.
12. Ortiz, C. H. "Luchando infructuosamente contra la hidra: Un modelo sencillo del narcotráfico", *Cuadernos de Economía* 37, 2002.
13. Ortiz, C. H. "La guerra contra las drogas es contraproducente: un análisis económico de equilibrio general", *Lecturas de Economía* 58, 2003, pp. 47-68.

14. Skaperdas, S. "Conflict and attitudes toward risk", *American Economic Review* 81, 2, 1991.
15. Skaperdas, S. "Cooperation, and power in the absence of porperty rights", *American Economic Review* 82, 4, 1992a.
16. Skaperdas, S. "Coalition formation in contests", University of California, 1992b.
17. Skaperdas, S. y C. Syropoulos. "Gangs as primitive states", G. Fiorentini y S. Peltzman, eds., *The economics of organized crime*, Cambridge, Cambridge University Press, 1995.
18. Skaperdas, S. y C. Syropoulos. "The distribution of income in the presence of appropriative activities", *Economica* 64, 1997, pp. 101-117.
19. UNODC. *World Drug Report*, New York, 1999, 2000, 2006, 2008 y 2009.