

Ant-nomics: microeconomía para hormigas



Raimundo Contreras

24 de marzo de 2025

*Dedicatoria:*

*A mi hurón Pareto, por ser el asistente más leal.*

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Teoría del Consumidor</b>	<b>3</b>
2.1. Preferencias y Elección . . . . .	3
2.1.1. Axiomas de elección . . . . .	3
2.1.2. De preferencias a curvas de utilidad . . . . .	5
2.1.3. Restricción Presupuestaria . . . . .	10
2.1.4. Elección del consumidor en un mercado competitivo .	11
2.1.5. Cuando el lagrangeano no funciona . . . . .	19
2.1.6. El método de Karush-Kuhn-Tucker . . . . .	25
2.2. El Problema Dual . . . . .	27
2.3. Una variable para gobernarlos a todos. . . . .	32
2.3.1. Elasticidades . . . . .	34
2.4. Bienestar del Consumidor . . . . .	37
2.4.1. Variación compensatoria . . . . .	38
2.4.2. Variación equivalente . . . . .	40
<b>3. Intercambio (sin producción)</b>	<b>41</b>
3.1. Dos agentes y una nueva restricción presupuestaria . . . . .	41
3.1.1. El problema de cada agente . . . . .	42
3.1.2. Condición de equilibrio: vaciado de mercado . . . . .	44
3.2. El equilibrio walrasiano . . . . .	44
3.2.1. Graficando el intercambio: la caja de Edgeworth . . .	47
3.3. Eficiencia de Pareto . . . . .	49
3.3.1. El problema de Eficiencia pensando en sólo utilidad .	50
3.3.2. Solucionando Eficiencia en Intercambio . . . . .	51
3.4. El momento más hermoso de sus vidas: primer teorema del bienestar . . . . .	54
3.5. El segundo teorema del bienestar . . . . .	54
3.6. Sobre este capítulo . . . . .	54
<b>4. Teoría de la Firma</b>	<b>57</b>
<b>5. Fallas de Mercado</b>	<b>59</b>

6. Incertidumbre	61
7. Teoría de Juegos: Juegos estáticos con información completa	63
8. Teoría de Juegos: Juegos dinámicos con información completa	65
9. Teoría de Juegos: información asimétrica	67
10. Teoría de Contratos	69
11. Selección	71

# Capítulo 1

## Introducción

Este proyecto intenta aportar al conocimiento de estudiantes de pregrado en tópicos relacionados a Microeconomía. Mi objetivo es crear un documento donde se pueda aprender con cierto nivel de rigurosidad matemática, sin perder el enfoque de lo que importa detrás de un modelo, la historia de lo que sucede económico. Para esto, intentaré explicar cada modelo importante de los cursos de Microeconomía de una manera en la que, incluso no siendo un as de las matemáticas, uno pueda entender la intuición y los elementos que la componen.

Cuando comencé mi carrera universitaria, mis matemáticas eran débiles dado que no presté mucha atención en el colegio. Los cursos de cálculo los pasé a duras penas, y sentí que sería imposible dedicarme a ser economista sin haber logrado esto. Con el tiempo me dí cuenta que estaba equivocado, y que el esfuerzo lo lograba todo. Mis matemáticas mejoraron a medida que estudiaba los cursos de economía, y gran parte de lo rápido que aprendí creo que vino de intentar siempre atribuir un significado intuitivo a cada elemento matemático detrás de un modelo. Con este documento, quiero lograr lo mismo con otras personas, y que no sientan que pueden quedarse abajo de sus sueños, por no haber pasado bien un curso, o no haber entendido todo en su minuto.

El gran objetivo de aprender economía es entender cómo administramos recursos escasos cuando tenemos distintos agentes que necesitan satisfacer necesidades individuales o colectivas. Lo primero que viene a la cabeza cuando entramos a un curso introductorio de economía es que queremos entender cómo opera un mercado. Cuando hablamos de un mercado, nos referimos a un espacio, no necesariamente físico, donde distintos agentes tranzan bienes o servicios. Sin embargo, con el tiempo nos daremos cuenta que las herramientas que poseemos no nos limitan a estudiar otras dimensiones de la vida humana. De hecho, el horizonte de estudio en Economía es bastante amplio. Si lo pensamos, muchas cosas en la vida cotidiana son escasas, no sólo los recursos para administrar una empresa o hacer las compras de la se-

mana. Por ejemplo, hay literatura económica (muy lejana a lo que veremos en este documento) donde podemos entender cómo la gente decide mentir para convencer a otras personas para hacer ciertas acciones, ¿hay cabida para nosotros en estudiar este tema? ¡Sí! Justamente, si uno miente todo el tiempo, nadie te creerá nunca. Si nunca mientes, la gente te creerá todo el tiempo, pero puedes pasar de largo en situaciones donde mentir quizás hubiera sido lucrativo (dejando fuera del análisis elementos importantes como la ética detrás de mentir). Dado esto, la acción de mentir también enfrenta una dimensión de escasez que no es obvia de entender. Así, el estudio de la Economía abarca un espacio más amplio de lo que se suele esperar. Todavía queda mucho horizonte por explorar, y también incentivo a que puedan usar parte de estas herramientas en expandir la frontera cuando podamos. Dicho esto, el punto inicial para aprender economía sí recae en entender cómo operan los mercados "tradicionales" que uno se imagina. Esto nos da una intuición fundamental gracias a la facilidad para entender conceptos como preferencias, precios, eficiencia, etc... Y por supuesto, abarca gran parte de los tópicos en los que quieren trabajar economistas.

Este documento puede tener errores de escritura, matemáticas, entre otros. Si encuentran alguno, feliz de que me contacten a rcontreras1@alumni.uc.cl. Ni esta introducción ni el resto del contenido está en su forma final.

## Capítulo 2

# Teoría del Consumidor

El objetivo de este primer capítulo es entender cómo **individuos** toman decisiones al enfrentar restricciones, de manera de poder predecir cuál sería la acción de un agente ante futuros casos hipotéticos. Por ejemplo, podríamos calcular cuánto debería sustituir el consumo de un bien por otro similar ante cambios en precios. Seguramente el lector ya estará familiarizado con conceptos básicos relacionados a esto, por ejemplo, los axiomas de elección o el uso básico de funciones de utilidad. Sin embargo, mi objetivo con este capítulo será hacer un repaso profundo que permita una comprensión fácil de cómo cada elemento nos otorga la posibilidad de hacer este análisis mediante modelos matemáticos.

### 2.1. Preferencias y Elección

Antes de usar las famosas funciones de utilidad, es importante entender porqué podemos efectivamente usarlas. Si lo pensamos duramente, no es inicialmente obvio que podamos resumir las preferencias de los agentes en simples funciones. Para esto, primero abarcaremos una mirada bien básica y general de cómo los agentes toman decisiones, para luego poder darnos cuenta que, bajo ciertas suposiciones intuitivas y razonables, podemos lograr resumir las preferencias de un agente en funciones.

#### 2.1.1. Axiomas de elección

Estas suposiciones son lo que llamamos **Axiomas de elección**. Consideremos que tenemos un conjunto de acciones posibles a hacer, ya sea elecciones de canastas, actividades que hacer, lo que uno quiera. Llamaremos a este conjunto  $\mathcal{X}$ , y a cualquier acción dentro de este lo denominaremos como  $x$ . Recordar que estamos en la versión más básica de pensar cómo las personas tomamos decisiones.

Primero, tenemos que ser capaces de tener una preferencia o indiferencia

por alguna de las canastas. Puede sonar obvio, pero no lo es tanto. Esto implica que, ante dos elementos cualquiera que comparemos, siempre nos podemos **pronunciar** sobre estos dos. Ya sea que prefiere una o la otra, o está indiferente. Esto es lo que llamamos el axioma de **COMPLETITUD**. Si hay dos acciones donde un agente simplemente no puede **decir** nada (ojo, indiferencia sí implica decir algo), entonces no hay completitud. Nos centraremos **siempre** en escenarios donde las preferencias de los agentes son **completas**. Completitud nos permitirá poder mapear con un orden consistente, pero necesitaremos más elementos.

#### Axioma de Completitud

Para todo par de acciones, podemos establecer una relación de preferencia.

$$x \succeq x' \quad \text{o} \quad x' \succeq x \quad \forall x, x' \in \mathcal{X}$$

El segundo elemento es uno de coherencia. Si yo prefiero manzanas sobre peras, y peras sobre naranjas, entonces tiene que ser que prefiera manzanas sobre naranjas. Esto es lo que llamamos **TRANSITIVIDAD**. En la mayoría de los escenarios, esto es fácil de convencer. Sin embargo, en otros escenarios, como la política, puede presentar problemas. Este axioma nos permitirá poner un orden consistente entre todas las opciones. No habrá redundancias entre la comparación de ellas.

#### Axioma de Transitividad

Si el agente prefiere  $x$  sobre  $x'$ , y  $x'$  sobre  $x''$ , el agente debe preferir  $x$  sobre  $x''$ . Esto es:

$$x \succeq x' \text{ y } x' \succeq x'' \implies x \succeq x'' \quad \forall x, x', x'' \in \mathcal{X}$$

Cuando hablamos de **preferencia** ( $\succeq$ ), esto significa que la canasta que esta a la izquierda es **preferida o indiferente** por sobre la otra. No quiere decir que sea "mayor".

Tampoco es ideal que ante cambios muy chicos en acciones, nuestra preferencia salte de manera loca hacia otro lado. Matemáticamente nos puede complicar mucho, y tampoco es algo razonable. Por esto, también vamos a soler pedir lo que llamamos **CONTINUIDAD**

#### Axioma de Continuidad

Si  $x, y, z \in \mathcal{X}$  son tales que  $x \succ y \succ z$ , entonces existe un número  $\lambda \in (0, 1)$  tal que:

$$y \sim \lambda x + (1 - \lambda)z.$$

Finalmente, vamos a suponer que las preferencias son **CONVEXAS** (no

confundir más adelante con que las funciones de utilidad sean o no convexas). Esto implica que vamos a preferir combinar peras y manzanas, en vez de sólo peras o sólo manzanas. Esto tiene consecuencias matemáticas que nos permitirán hacer todo tipo de análisis a través de lo que implica sobre la modelación de funciones de utilidad.

#### Axioma de Convexidad

Las preferencias son convexas si, para cualesquiera dos canastas  $x, y \in \mathcal{X}$  y para todo  $\lambda \in [0, 1]$ , se cumple que:

$$x \succeq y \implies \lambda x + (1 - \lambda)y \succeq y.$$

Esta propiedad refleja la tendencia del consumidor a favorecer combinaciones de bienes, evidenciando una preferencia por la diversidad frente a extremos.

Vamos a ver que con los primeros dos axiomas, Completitud y Transitividad, podremos construir una función de utilidad. Movernos a este mundo nos permitirá hacer una inmensidad de análisis útil, y olvidarnos de este esquema abstracto por un buen tiempo. Sin embargo, este enfoque sigue siendo sumamente importante, y un objeto de estudio de meses para varios cursos de microeconomía avanzada. Sin embargo, este material está hecho para alumnos de nivel intermedio, por lo que no adentraré en esta forma de evaluar decisiones.

#### 2.1.2. De preferencias a curvas de utilidad

Si las preferencias de un individuo cumplen **completitud** y **transitividad**, al igual que **reflexivas** y **monótonas** en sentido fuerte, entonces tenemos que existe una función de utilidad continua  $f_U = \mathbb{R}^{+n} \rightarrow \mathbb{R}$  que representa estas preferencias.

Completitud nos permitirá que podamos mapear cada acción posible a un número, y al ser un número en los reales, éste podrá ser comparado con cualquier otro. A la vez, el conjunto de los reales es transitivo, lo que implica que tenemos un orden consistente de las canastas a través de este mapeo. Por ejemplo, si una canasta A nos da una utilidad de 10, B nos da 15 y C nos da 20, entonces por transitividad de los reales, C será preferida a B, y B a A.

El paso de preferencias a funciones de utilidad es no menor, de hecho, economistas y matemáticos tomaron harto tiempo en hacer este paso. Sin embargo, no es el enfoque de cursos de microeconomía de pregrado.

Pasemos a centrarnos en la toma de decisiones sobre canastas, usando funciones de utilidad. Es decir, vamos a elegir una cierta cantidad de bienes que el agente va a consumir. Por ahora, nos centraremos en sólo dos bienes.

La forma que tenemos para graficar las preferencias a través de funciones de utilidad es a través de lo que llamamos **curvas de indiferencia**.

Al igual que el nombre, las curvas de indiferencia nos dicen **todas** las combinaciones posibles de ambos bienes, tales que un individuo está indiferente entre cualquiera de ellas. Es decir, si yo le propusiera a un agente que escoja una canasta dentro de esta curva de indiferencia, él respondería "me da lo mismo cualquiera de ellas". Esto lo podemos apreciar en la figura 2.1.

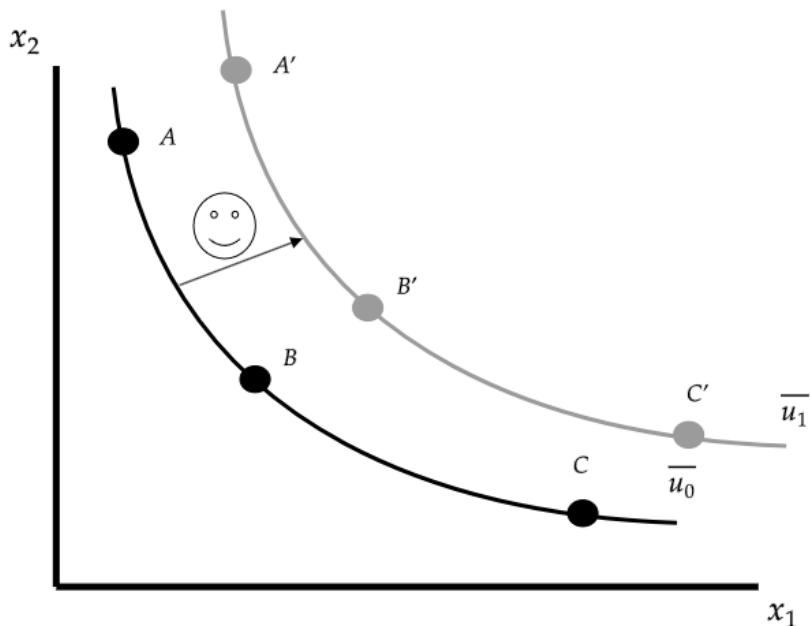


Figura 2.1: Curva de indiferencia

Es importante analizar y entender el porqué de esta figura, y cada elemento detrás de ella. En el eje horizontal, tenemos la cantidad del bien  $x_1$  que el agente decide consumir, mientras que en el vertical tenemos lo que consumiría del bien  $x_2$ . La decisión de consumo se da en sólo un punto, lo cual indicaría cuánto de cada bien consumir. A través de cada posible combinación de  $x_1$  y  $x_2$  pasa una curva de indiferencia, es decir, un nivel de utilidad y la descripción de todas las combinaciones de bienes que dan ese nivel de utilidad. Por ejemplo, las canastas A, B y C son todas igual de preferidas por el individuo. En términos de la función de utilidad, cualquiera de esas combinaciones nos da el mismo número de salida. La curva superior es una curva de indiferencia que da más utilidad que la anterior, por lo tanto, A', B' y C' son todas igualmente preferidas entre ellas, pero cualquiera de ellas es más preferida que A, B y C. Cuál sea la decisión final a tomar dependerá de la restricción presupuestaria del individuo, que veremos más adelante. ¿Qué rol juega cada axioma visto anteriormente?

- El axioma de completitud permite que nos podamos pronunciar ante cualquier combinación de  $x_1$  y  $x_2$ , y que no hayan puntos en el gráfico por donde no pase una curva de utilidad y no nos podamos pronunciar sobre ella.
- Transitividad implica varias cosas. Primero, implica que si A es igual de preferida que B, y B es igual de preferida que C, entonces A también es igual de preferida que C. Las tres están en la misma curva de indiferencia por esta misma razón. Por otro lado, Cualquier canasta sobre  $\bar{u}_1$  es más preferida que cualquiera entre  $\bar{u}_1$  y  $\bar{u}_0$ , y cualquiera en el espacio entre las dos curvas también es más preferida que cualquier combinación sobre  $\bar{u}_0$ , por lo tanto cualquier combinación de  $\bar{u}_1$  es también preferida sobre  $\bar{u}_0$ . **De manera importante, esto también implica que las curvas de indiferencia nunca se tocan.** En caso de tocarse, transitividad no se cumpliría. Es por esto, que saltar de cualquier canasta A,B,C a A',B',C' nos daría un aumento de utilidad.
- Convexidad nos da la forma convexa de la curva de indiferencia. Noten que el punto B, siendo una combinación en menor cantidad de cada bien, es igual de preferida que mucho de un bien o del otro. De hecho, si yo combinara dos puntos de una misma curva de indiferencia, la resultante sería preferida (pasa una curva de indiferencia más arriba).
- Continuidad nos otorga que estas curvas de indiferencia sean suaves, y que no hayan saltos bruscos, lo que podría complicar el análisis.

Notar que las curvas se mueven hacia la derecha, porque estamos tomando un nivel de utilidad constante. Gráficamente, equivale a mirar el gráfico de tres dimensiones que es compuesto por  $x_1$ ,  $x_2$  y  $\bar{u}$ , y mirarlo desde arriba, tomando una rebanada en el eje de  $\bar{u}$ . Esto nos permite observarlo de estas forma. Son curvas de nivel. ¿Cómo obtenemos matemáticamente una curva de indiferencia? Por definición, esta es:

$$\bar{u} = u(x_1, x_2),$$

para cualquier utilidad  $\bar{u}$ . Por ejemplo, consideremos un agente que tiene una función de utilidad Cobb-Douglas:

$$u(x_1, x_2) = x_1^\alpha x_2^{1-\alpha}$$

Dada la característica multiplicativa de esta función, hay varias combinaciones de  $x_1$  y  $x_2$  tal que tenemos el mismo nivel de utilidad, de hecho, de ser graficado es muy parecido a la figura 2.1. Para quienes tengan dificultad en imaginar funciones, siempre pueden despejar el eje  $x_2$  y observar cómo

se forma la ecuación en el gráfico. Dejemos  $x_2$  a la izquierda de la ecuación sola y veamos cómo se ve.

$$x_2 = \left( \frac{x_1^\alpha}{\bar{u}} \right)^{1/(1-\alpha)}$$

Notemos que, si se consume mucho de  $x_1$ ,  $x_2$  tiende a 0, y viceversa. De hecho, si consumo un número muy alto de  $x_1$ , basta con que me den poco  $x_2$  para estar con un nivel de utilidad mucho mayor. Esto se debe a características que veremos más adelante, específicamente la utilidad marginal decreciente de la función de utilidad. La pendiente de la curva de indiferencia la llamaremos **Tasa Marginal de Sustitución** (TMS), y la definiremos de la siguiente manera:

$$du = \frac{\partial u}{x_1} dx_1 + \frac{\partial u}{x_2} dx_2 = 0.$$

Reordenando, tenemos lo siguiente:

$$TMS = \frac{dx_1}{dx_2} = -\frac{\frac{\partial u}{\partial x_1}}{\frac{\partial u}{\partial x_2}}.$$

#### Tasa Marginal de Sustitución

Llamamos a la pendiente de la curva de indiferencia como Tasa Marginal de Sustitución:

$$TMS = \frac{dx_1}{dx_2} = -\frac{\frac{\partial u}{\partial x_1}}{\frac{\partial u}{\partial x_2}}.$$

Este corresponde a la cantidad de bienes que un agente está dispuesto a cambiar por otro, sin que por esta pierda su nivel de utilidad.

Esto es, en la práctica, cuánto estamos a sacrificar de un bien, con tal de ser igual de felices con más del otro bien. Veremos que este concepto es uno de los más importantes en economía, y lo usaremos constantemente a lo largo de toda la profesión.

Hay dos componentes que son claves que aún no hemos mencionado:  $\frac{\partial u}{\partial x_1}$  y  $\frac{\partial u}{\partial x_2}$ . Estas son las famosas **utilidades marginales**, estas significan cuánta utilidad extra nos aporta una unidad de cada bien. Por eso su nombre, es la utilidad **marginal** de una unidad extra de cada bien. La forma que toman estas derivadas son fundamentales para entender el comportamiento de los agentes. Si, por ejemplo la derivada respecto a  $x_1$  depende positivamente del consumo de  $x_2$ , entonces el consumo es complementario, porque cuánto obtenga de utilidad por consumir  $x_1$  dependerá de cuántas unidades tenga de  $x_2$ . Mientras más unidades tenga de  $x_2$ , más feliz seré si tengo una unidad

extra de  $x_1$ . Imaginen que están comiendo unas ricas papas fritas, y tienen muchas papas fritas pero nada más. Claro, son felices porque pueden comer mucho de eso, sin embargo, una bebida les daría muchísima utilidad porque ahora pueden seguir comiendo papas fritas sin quedar secos de la garganta. Lo mismo sucederá más adelante en las producciones de las firmas. Si hay operadores de máquinas y máquinas, cada máquina aportará mucho más si tengo varios trabajadores, porque pueden usarlas sin problemas de toparse entre ellos con las mismas máquinas. Pero si tuviéramos pocos trabajadores, y compramos una máquina más, no aporta mucho la máquina debido a que sólo pueden operar una cierta cantidad de máquinas hasta coparse.

### Utilidad Marginal

La utilidad marginal de un bien  $x_i$  es cuánto aumenta la utilidad de un agente al aumentar marginalmente su consumo. Es decir, es la derivada parcial de la función de utilidad respecto a  $x_i$ :

$$U_{x_i} = \frac{\partial u(x_1, x_2)}{\partial x_i}.$$

Esta intuición es fundamental detrás de las decisiones de consumo. Será esta complementariedad (o no-complementariedad) junto con los precios lo que determine cuánto consumir de cada bien. De hecho, usualmente veremos que el óptimo se dará cuando el ratio de utilidades marginales sea igual al de los precios, es decir, la relación de lo que estamos recibiendo en utilidad es exactamente lo mismo que la relación de cuánto estamos pagando. De ser diferente, podemos cambiar la locación de consumo a una donde recibo más utilidad a cambio de comprar menos de un bien y más del otro. **La clave es balancear el consumo de manera de aprovechar las utilidades marginales al máximo, y así obtener la mayor cantidad de utilidad marginal de cada bien.**

- $\frac{\partial u}{\partial x_1}$ : utilidad marginal del bien  $i$ ;
- $\frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j m}$ : complementariedad del bien  $i$  con el bien  $j$ .

Usualmente requeriremos algunas condiciones más en términos de propiedades de preferencias, me limitaré a mencionar sólo una porque creo que el resto no vale la pena para el enfoque de este documento. Los agentes van a soler tener **no saciedad**, significando que siempre tendremos una mejor canasta a la cual aspirar. Nunca el agente dirá "no más". Si le damos más de cada bien, a pesar de que tenga mucho, algo de utilidad le dará, por más baja que sea.

Antes de pasar a ver cómo un agente elige la canasta óptima, necesitamos un segundo componente: la restricción presupuestaria.

### 2.1.3. Restricción Presupuestaria

Obviamente, cuando uno va a comprar algo, siempre se enfrenta a algún tipo de restricción, ya sea monetaria, o de capacidad de traslado, etc. En particular, llamaremos restricción presupuestaria a aquella que está dada por precios y cuánto dinero posee una persona para gastar. Siempre un agente tendrá un nivel de ingreso  $m$  para gastar, y enfrentará precios  $p_1$  y  $p_2$ .

La ecuación que describe una restricción presupuestaria está dada entonces por:

$$m \geq p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2.$$

Examinemos con cuidado:

- $m$  es el ingreso que tenemos para gastar
- $p_1 \cdot x_1$  es el **gasto total** en el bien  $x_1$ . Si cada manzana cuesta diez pesos, y compro diez manzanas, entonces claramente gasto 100 pesos en manzanas. Tenemos el mismo análisis para  $p_2 \cdot x_2$ . Sumando ambos términos, tenemos todo el gasto total.

Dado que mencioné a fines de la sección pasada que tendremos individuos con **no-saciedad**, podemos olvidarnos de la desigualdad de la restricción presupuestaria, y plantear con igualdad. Esto ocurre porque, dado que siempre puedo comprar algo, y estamos ante un modelo donde sólo puedo gastar en bienes y quedarme con dinero en el bolsillo no me da utilidad, entonces siempre preferiré gastarme el dinero, y nunca exploraremos áreas donde está sobrando dinero.

En el gráfico 2.2 tenemos la representación gráfica de la restricción presupuestaria. Cualquier punto a lo largo de la línea es una combinación de bienes tales que nos gastamos exactamente la cantidad de dinero  $m$ . El corte en el eje vertical se da cuando nos gastamos todo el dinero en el bien  $x_2$ , mientras que el corte en el eje horizontal se da cuando nos gastamos todo en  $x_1$ . La pendiente de esta restricción se da por  $-\frac{p_1}{p_2}$ . Esto último es lo que llamamos **costo de oportunidad**, es cuánto estamos renunciando de un bien a cambio de otro. Por ejemplo, si la pendiente fuera de  $-1/2$ , esto significa que cada unidad de  $x_2$ , sacrificamos dos unidades de  $x_1$  (notar que se lee un poco al revés, el denominador nos dice cuánto renunciamos del primer bien en este caso).

Si el precio del bien 1 aumenta, la pendiente es más alta, y puedo comprar menos de ese bien. Si sólo aumenta el precio del bien 2, la pendiente es más plana. Si ambos aumentan en la misma cantidad, la pendiente no cambia, pero si cambia el nivel. Notar que un desplazamiento de los precios en misma magnitud, es exactamente lo mismo que una caída en ingreso.

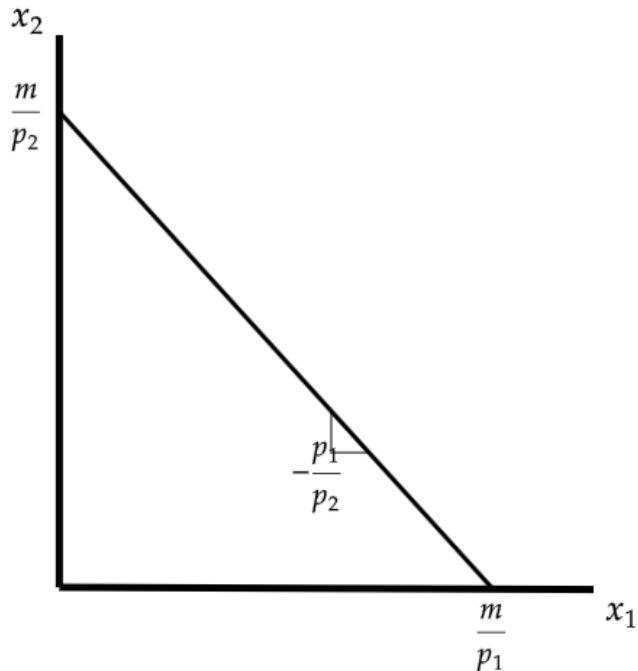


Figura 2.2: Restricción presupuestaria

#### Restricción Presupuestaria

Llamamos Restricción Presupuestaria a la combinación de bienes que es posible comprar. Esta descrito por un nivel de ingresos disponibles y de precios.

$$m \geq p_1 x_1 + p_2 x_2,$$

y su pendiente está dada por  $\frac{p_1}{p_2}$ , la cual representa el costo de oportunidad.

#### 2.1.4. Elección del consumidor en un mercado competitivo

Teniendo ya todos los elementos, podemos proceder a ver cómo elegir una canasta de manera óptima. Para esto, usaremos cálculo multivariable con restricciones, o el famoso método del Lagrangeano. Como dije en la introducción de este libro, no porque hayan pasado Cálculo con duras penas, no es posible que entiendan qué vamos a hacer.

El problema del consumidor es entonces elegir la combinación de bienes que maximiza la utilidad del agente, **sujeto a** no gastar más que nuestro

dinero, y a no consumir negativo (que por ahora omitiremos en el análisis hasta ver Karush-Kuhn-Tucker, recordemos que el objetivo en este libro es dar un poco de intuición a alumnos que tengan dificultades con matemáticas pero les gusta la economía). Dado lo mencionado sobre no saciedad, esta restricción la limitaremos a gastarnos exactamente todo nuestro dinero. Es decir, la restricción se cumple con igualdad.

Gráficamente, el problema y su solución lo representamos con la figura 2.3

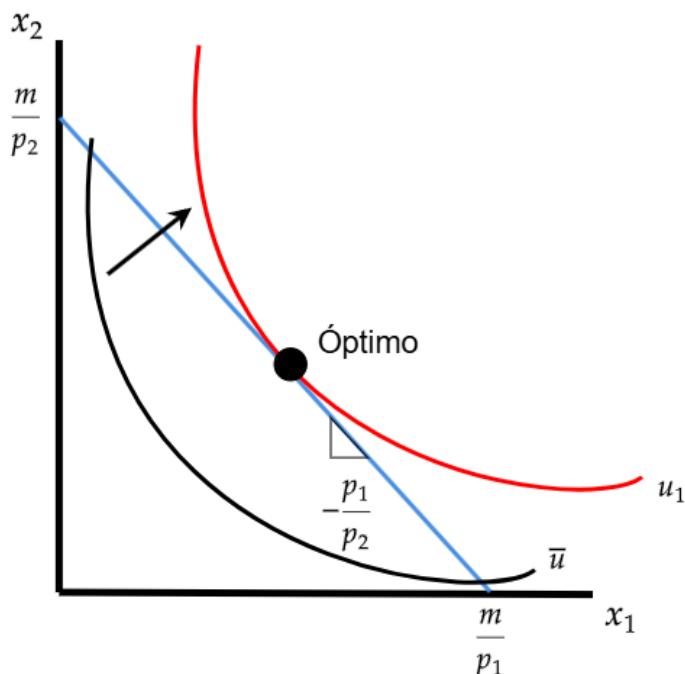


Figura 2.3: Elección óptima

- Dado una restricción presupuestaria **fija**, ¿qué combinación de ambos bienes me otorga la curva de indiferencia más alta? Es decir, de las infinitas posibles curvas de indiferencia, veremos aquella que pasa lo más lejos del origen (la utilidad resultante más alta), pero que sea posible pagar.
- Notemos que, como resultado visual inicial, tenemos que la canasta que da más utilidad es aquella donde la **pendiente de la curva de indiferencia es igual a la pendiente de la restricción presupuestaria**. Es decir, el costo de oportunidad entre ambos bienes es el mismo que la tasa a la cual cambio un bien por otro y soy igual de feliz.

- En caso de que sean distintas, por ejemplo que el costo de oportunidad sea más bajo en términos de  $x_1$ , significa que estoy dispuesto a cambiar de  $x_1$  por  $x_2$ , y la utilidad que recibo por el lado de más  $x_2$  es más alta que la que pierdo por reducir mi consumo de  $x_1$ .

El problema a plantear es entonces:

**Problema del Consumidor**

$$\max_{x_1, x_2} u(x_1, x_2) \quad \text{sujeto a: } m = p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2; \quad x_1, x_2 \geq 0.$$

Y, como mencionamos anteriormente, solucionaremos este problema usando el método del lagrangeano. Iré con mucho cuidado en esta sección, porque creo que suele ser el área que más estudiantes suelen mecanizar sin ninguna comprensión de lo que estamos haciendo. Esto, ante ejercicios que pueden salir de la norma, puede provocar resultados completamente equivocados. Una alerta: el método correcto para resolver esto es el método Karush-Kuhn-Tucker, que se hace cargo de no-negatividad y la holgura de las restricciones, pero lo veré más a profundidad más adelante. Por ahora, para no asustar a los lectores, asumiremos que todo está bien y no examinaremos a profundidad esto, lo cual agrega unas restricciones extra. Pero es sumamente importante entenderlo porque otorga intuiciones claves para solucionar problemas difíciles.

Usemos una función de utilidad común, una Cobb-Douglas  $f(x_1, x_2) = x_1^\alpha x_2^{1-\alpha}$  con exponentes de 0,5. Notemos que esta función cumple con todos los supuestos y axiomas que hemos mencionado, y de manera importante, también cumple con no saciedad, que dijimos que vamos a cumplirla siempre. Veamos cómo es esta función en el plano 3D.

Dado que es una función estrictamente monótona y creciente, en consecuencia, las preferencias son no saciables. Tenemos que la utilidad del individuo crece hacia el infinito y más allá. Sin embargo, no es posible elegir cualquier punto, de manera contraria, elegiríamos el infinito (si se pudiera elegir). Es aquí donde entra en juego la restricción presupuestaria. Si imaginamos que la función de utilidad es una montaña, y quiero llegar al punto más alto de la montaña posible, de no haber una restricción, seguiría siempre subiendo y nunca llegaría a nada. Pero la restricción actúa como una muralla que impide ir más allá de ella. Por lo tanto, nuestro problema se reduce solamente a elegir cuál es el punto más alto de la montaña, que esté pegado a la muralla. Así, encontraremos el punto más alto posible. Esto lo podemos apreciar en la figura 2.5.

Entonces, primero, queremos ver cuales condiciones son necesarias para encontrar un óptimo, y luego en qué punto de la restricción presupuestaria podemos encontrar una canasta que cumpla con aquello. Notar que esta

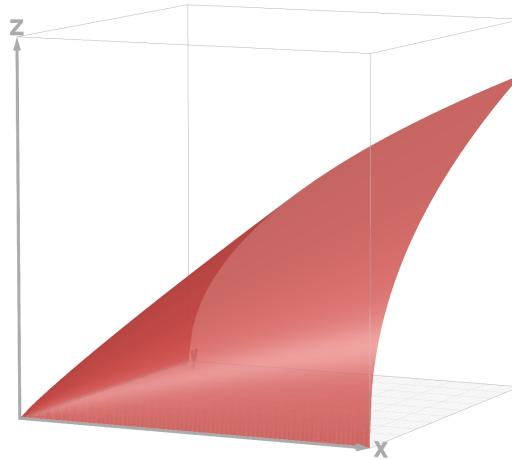


Figura 2.4: Función de utilidad en tres dimensiones. Z es el nivel de utilidad, X el consumo de  $x_1$  e Y el consumo de  $x_2$

figura es lo mismo que 2.3 pero tomando una dimensión extra. Ahora solucionaremos paso a paso el problema. Lo importante es encontrar el máximo, pegado en la muralla que corta la montaña.

- Paso 1: Formulación del Lagrangeano.

Definimos la función Lagrangeano de la siguiente manera:

$$\mathcal{L}(x_1, x_2, \lambda) = u(x_1, x_2) + \lambda(m - p_1x_1 - p_2x_2).$$

Siempre habrán dos términos en el caso clásico, el primero es la función de utilidad, después la restricción a hacerse cero. En caso de agregar más restricciones, sumamos más multiplicadores lagrangenanos multiplicados por la restricción. La interpretación de  $\lambda$  es lo que llamamos **precio sombra**, esto es cuánto aumenta la utilidad si aumentáramos el ingreso. Es el costo de nuestra restricción. En caso de ser una restricción activa,  $\lambda$  es positivo.

- Paso 2: Obtención de las Condiciones de Primer Orden (FOC). Se derivan parcialmente  $\mathcal{L}$  respecto a  $x_1$ ,  $x_2$  y  $\lambda$ , e igualamos a cero:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_1} = u_{x_1}(x_1, x_2) - \lambda p_1 = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_2} = u_{x_2}(x_1, x_2) - \lambda p_2 = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = m - p_1x_1 - p_2x_2 = 0. \quad (3)$$

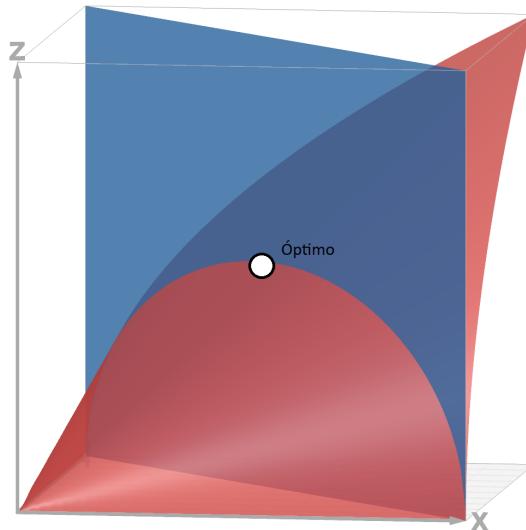


Figura 2.5: Representación del lagrangeano

Este concepto es fundamental para lo que sigue, y está presente en toda decisión económica. Fíjense que esto es lo mismo que simplemente igualar las ecuaciones (1) y (2). La derivada (1) es la utilidad marginal **menos** el precio del bien por el precio sombra. Me gusta imaginar esto como una utilidad marginal "neta", en el sentido que estamos descontando de la utilidad marginal, el coste que tiene al estar activa la restricción. Al igualarla con su homóloga (2), lo que estamos haciendo es decir que la utilidad marginal del consumo de ambos bienes tiene que ser igual. La intuición es la siguiente: si la utilidad, por ejemplo, del bien 1 fuera mayor que la del bien 2, entonces consumir más del bien 1 resulta conveniente, dado que otorga más utilidad que consumir del otro. Por lo tanto, yo debería trasladar mi consumo en esa dirección. Sin embargo, debido a que las funciones de utilidad son quasi cónicas, esto implica que la utilidad marginal de ese bien decrece a medida que consumimos más. Por lo tanto, la siguiente unidad que consuma de  $x_1$  nos dará más utilidad, sí, pero menos que la anterior. Por lo tanto, habrá un punto en que la utilidad marginal de ambas serán iguales. Este punto debe ser óptimo debido a que, de otra forma, tengo incentivos a moverme hacia otro punto de consumo donde consumo más de aquella que posea la mayor utilidad marginal.

- Paso 3: Condición de Optimalidad (MRS).

Dividiendo la ecuación (1) entre la (2) se obtiene:

$$\frac{u_{x_1}(x_1, x_2)}{u_{x_2}(x_1, x_2)} = \frac{p_1}{p_2}.$$

Esta relación expresa que, en el punto óptimo, la tasa marginal de sustitución (MRS) es igual a la razón de precios.

- Paso 4: Formulación del Sistema de Ecuaciones Implícitas.

El óptimo se define implícitamente mediante el siguiente sistema:

$$\begin{cases} \frac{u_{x_1}(x_1, x_2)}{u_{x_2}(x_1, x_2)} = \frac{p_1}{p_2}, \\ p_1 x_1 + p_2 x_2 = m. \end{cases}$$

Este sistema determina el punto de tangencia entre la curva de indiferencia (donde la utilidad es constante) y la línea de la restricción presupuestaria.

Esto es fundamental. Estas dos ecuaciones describen las dos cosas relevantes que deben pasar en un óptimo. Primero, el costo de oportunidad tiene que ser igual al ratio de las utilidades marginales. Recordemos que, en caso contrario, conviene moverse hacia alguna dirección para ganar más utilidad consumiendo un bien de la que perdemos dejando de lado el otro bien. Pero notemos que esta condición puede cumplirse en una infinidad de puntos en el gráfico y abajo de la restricción presupuestaria. El problema ahora se convierte en elegir qué punto que cumple esa condición es el óptimo. Aquí es donde entra la restricción presupuestaria con igualdad, la cual nos asegura que **debemos** estar en el borde de la restricción presupuestaria, gastando todo el dinero. Sin esto, bastaría con ponerse en cualquier punto que cumpla la primera condición. Esto se aprecia en la Figura 2.6.

- Paso 5: Conclusión.

Bajo las hipótesis de diferenciabilidad, crecimiento estricto y cuasi-concavidad de  $u(x_1, x_2)$ , el teorema del máximo garantiza la existencia y unicidad del óptimo. Así, el par  $(x_1^M, x_2^M)$  que satisface:

$$\boxed{\begin{aligned} \frac{u_{x_1}(x_1^M, x_2^M)}{u_{x_2}(x_1^M, x_2^M)} &= \frac{p_1}{p_2}, \\ p_1 x_1^M + p_2 x_2^M &= m, \end{aligned}}$$

es la solución óptima del problema del consumidor.

La demanda encontrada de cada bien es lo que llamamos una **demandा marshalliana (u ordinaria)**. Tal cual como hemos hecho, esta demanda surge del proceso de maximización de utilidad. Más adelante veremos que no es la única forma de abordar la toma de decisiones.

Recuerden, para obtener una demanda marshalliana, tenemos que maximizar la utilidad sujeto a la restricción presupuestaria. El resultado nos dará

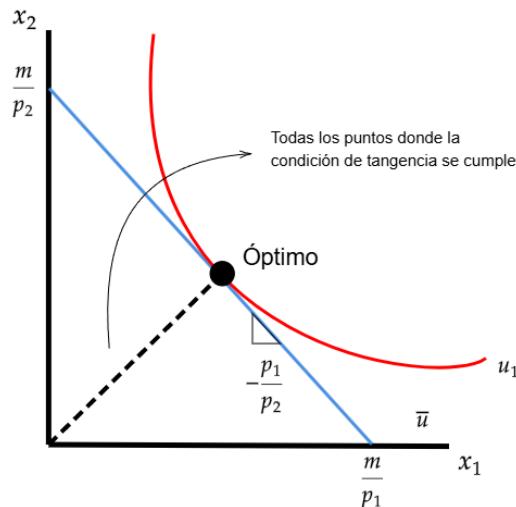


Figura 2.6: La sección punteada muestra todos los puntos donde se cumple sólo la primera restricción.



Figura 2.7: Marshall Eriksen

una función que nos dice cuánto consumir según **los precios y el nivel de ingreso**.

La demanda marshalliana debe su nombre a Marshall Eriksen, un popular abogado ambientalista de Nueva York (Figura 2.1.4).

Solución para Función Cobb-Douglas con Exponentes 0.5 y precios unitarios

Consideremos el problema del consumidor:

$$\underset{x_1, x_2}{\text{máx}} \ u(x_1, x_2) = x_1^{0,5} x_2^{0,5} \quad \text{sujeto a} \quad x_1 + x_2 = 10,$$

donde  $p_1 = 1$ ,  $p_2 = 1$  y el ingreso es  $m = 10$ .

**Paso 1: Formulación del Lagrangeano.** Definimos:

$$\mathcal{L}(x_1, x_2, \lambda) = x_1^{0,5} x_2^{0,5} + \lambda (10 - x_1 - x_2).$$

**Paso 2: Condiciones de Primer Orden.** Derivamos:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_1} = 0,5 x_1^{-0,5} x_2^{0,5} - \lambda = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_2} = 0,5 x_1^{0,5} x_2^{-0,5} - \lambda = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = 10 - x_1 - x_2 = 0. \quad (3)$$

**Paso 3: Relación entre  $x_1$  y  $x_2$ .** Dividiendo (1) entre (2) obtenemos:

$$\frac{0,5 x_1^{-0,5} x_2^{0,5}}{0,5 x_1^{0,5} x_2^{-0,5}} = 1 \implies \frac{x_2}{x_1} = 1 \implies x_1 = x_2.$$

**Paso 4: Sustitución en la Restricción.** Usando  $x_1 = x_2$  en (3):

$$10 - 2x_1 = 0 \implies x_1^M = 5,$$

y por lo tanto,

$$x_2^M = 5.$$

**Conclusión:** La solución óptima del problema es:

$$x_1^M = 5, \quad x_2^M = 5.$$

Este escenario es completamente simétrico, es decir, valoramos de misma manera cada bien, y también de manera cruzada entre cada bien. Finalmente, también los precios son iguales entre ellos. Dado esto, el óptimo tiene que darse en el punto donde la tasa de utilidades marginales sean 1 a 1, debido a que el ratio de los precios es 1. Por lo tanto, en la restricción, deberíamos comprar la misma cantidad de cada bien.

Finalmente, llamaremos **función de utilidad indirecta**, al nivel de

utilidad resultante tras el consumo óptimo:

$$v(x_1^M, x_2^M, m),$$

y se llama de esta forma porque nos indica cuánto es el nivel de utilidad sin saber el nivel de consumo. Dado que  $(x_1^M, x_2^M)$  son ambas funciones de precios e ingreso, de saber la función de utilidad indirecta nos mapearía directo desde los precios e ingreso hasta la utilidad resultante. Veremos más rato la importancia de esto para poder recuperar nuevamente las demandas si es que sólo obtuviéramos las funciones de utilidad.

### 2.1.5. Cuando el lagrangeano no funciona

En mi experiencia como ayudante, el gran problema era cuando teníamos funciones menos estándar, que no son usualmente continuamente diferenciables, o doblemente diferenciables, etc. Tales son casos famosos como sustitutos perfectos o complementos perfectos. Al no comprender qué es lo que está pasando cuando hacemos un lagrangeano, los alumnos intentaban solucionar el problema de la misma forma que hicimos ahora, sólo para no encontrar nada. Es por esto que encontré buena idea dedicar una sección a mostrar cómo suelo pensar este tipo de problemas.

En general, siempre sabremos cómo abordar el problema observando la función de utilidad. Si la función de utilidad es **cuasi-cóncava** y **doblemente diferenciable**, podremos seguir el camino usual que vimos recién. En caso contrario, hay que tomar otro camino, uno más precavido que requiere entender qué está pasando.

#### Caso: Sustitutos perfectos.

El caso de sustitutos perfectos sucede cuando tenemos la siguiente función de utilidad:

$$u(x_1, x_2) = x_1 + x_2.$$

El nombre lo explica todo, dado que la utilidad se da como suma de ambos bienes, no importa cual de los dos elija, cada unidad aportará utilidad de manera unitaria. Si no puedo comprar de un bien, puedo comprar del otro y se sustituye por completo el nivel de utilidad que el otro otorgaba. El clásico ejemplo es el de bebidas. Imaginemos por un momento que preferimos de igual manera Coca-Cola que Pepsi (a pesar de que la segunda sea mejor). Para el agente, ambas dan el mismo nivel de utilidad. Las curvas de indiferencia se ven según la Figura 2.8.

Notemos que es una recta en 45 grados. Esto se debe justamente a que la tasa marginal de sustitución es 1. Estoy dispuesto a cambiar exactamente una unidad por otra, con tal de mantener el mismo nivel de utilidad.

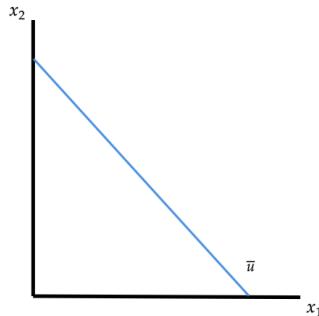


Figura 2.8: Sustitutos perfectos

Obviamente, si intentáramos derivar y solucionar el problema típico a través de derivación, no llegaríamos a nada porque  $x_1$  y  $x_2$  desaparecen en las derivadas del lagrangeano. Por lo tanto, tenemos que solucionarlo de una forma más manual.

**Cómo pensar el problema: lo más importante siempre son los precios**

Cuando enfrento un problema no diferenciable, siempre intento primero graficar la curva de indiferencia, y una restricción presupuestaria cualquiera. Luego, el paso más importante es, dejando constante la restricción presupuestaria, donde es lo más lejos que puedo llevar la curva de indiferencia. Esto **siempre** terminará dependiendo de los precios que forman la pendiente de la restricción presupuestaria.

Supongamos que los precios que enfrenta el agente es de  $p_1 = 1$  y  $p_2 = 2$ , y también posee un ingreso de  $m = 10$ . Por lo que la pendiente de la restricción presupuestaria es  $-0,5$ . Una manera, en la práctica, de ver hacia donde va la respuesta, es dibujar entonces la curva de indiferencia y llevarla lo más lejos posible que cumpla la restricción presupuestaria.

Observemos esto en la figura 2.9, llevamos las curvas de indiferencia lo más lejano posible, lo que nos da un resultado bastante intuitivo: si cada uno nos aporta la misma utilidad, y no hay ningún beneficio en combinar bienes (a diferencia del caso de la Cobb-Douglas), entonces es conveniente simplemente comprar el bien más barato, debido a que si comprara del otro bien, estaría perdiendo la posibilidad de comprar dos unidades del otro y obtener dos útiles extras en vez de uno.

$$x_1^M = 10; \quad x_2^M = 0.$$

Ejercicio para el estudio: imaginen qué pasa si los precios son iguales. En este caso, si hiciéramos el mismo ejercicio gráfico, veríamos que las rectas se superpondrían, dará lo mismo qué combinación de bienes comprar. Da

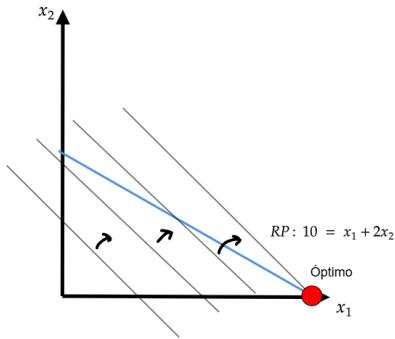


Figura 2.9: Solucionando gráficamente el problema de sustitutos perfectos

lo mismo cuál sea la combinación, siempre que me gaste todo el ingreso mi utilidad será máxima.

#### Caso: complementos perfectos

El segundo caso donde todos fallan es el de complementos perfectos, la famosa Leontief:

$$u(x_1, x_2) = \min\{x_1, x_2\}$$

El ejemplo intuitivo de estas preferencias son los zapatos. Tener un zapato izquierdo o derecho no nos da utilidad sin el otro, solamente tendremos utilidad si es que tenemos un par de cada uno. Si tuviéramos cero de alguno de ellos, la función mínimo nos devuelve cero. Dado esto, es intuitivo pensar que no hay razón para comprar más de un bien que de otro, debido a que no dará utilidad. Sólo a medida que compramos ambos bienes tendremos utilidad.

La curva de indiferencia tiene forma de letra L. Si tenemos un zapato izquierdo, da lo mismo cuantos zapatos derechos tengamos, siempre nos dará la misma utilidad que tener un zapato (a menos que tengamos 0, en ese caso la utilidad es 0).

Dado cómo opera la función mínimo, es obvio que nunca compraremos más de un bien que de otro, por lo que  $x_1^M = x_2^M$ . Es decir, **siempre la solución estará en la línea de 45 grados**. ¿Dónde? Bueno, en el punto más lejano donde activemos la restricción presupuestaria, dado que este sería donde gastamos todo el dinero, y además estamos comprando la mayor cantidad de pares de bienes.

$$x_1^M = x_2^M = \frac{m}{p_1 + p_2}$$

Lo importante de estos últimos dos casos es entender qué está pasando. No ver la función y hacer algo mecanizado. Entender cómo funciona la función de utilidad es lo más fundamental del análisis de un consumidor.

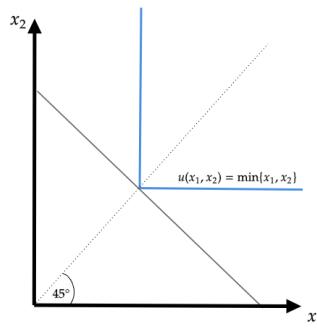


Figura 2.10: Complementos perfectos

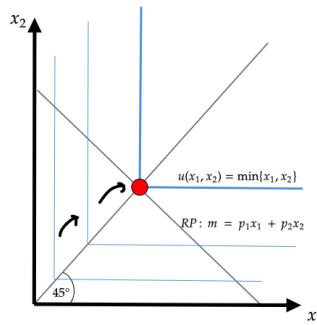


Figura 2.11: Solución del caso de complementos perfectos

Profundizaremos más de esto en la próxima sección.

Como se habrán dado cuenta, mi forma favorita de aproximarme a los problemas es siempre ver cómo se comporta la función, luego veo qué herramientas matemáticas usar, el método del lagrangeano sólo lo reservo para casos estándar donde se que la la función es cuasi cóncava, doblemente diferenciable, estrictamente monótona, etc. Más adelante veremos que el método general en profundidad, el famoso Karush-Kuhn-Tucker (KKT), que es lo que usamos en el caso estándar, pero saltándonos varios pasos importantes que sirven para omitir negatividad en el consumo (no podemos consumir negativo de bienes) y checkear cada condición. De todas formas es importante entenderlo para obtener un marco matemático más riguroso.

### Mi caso favorito: un mínimo raro...

Mi caso favorito es el siguiente:

$$u(x_1, x_2) = \min\{x_1 + 2x_2, x_2 + 2x_1\}$$

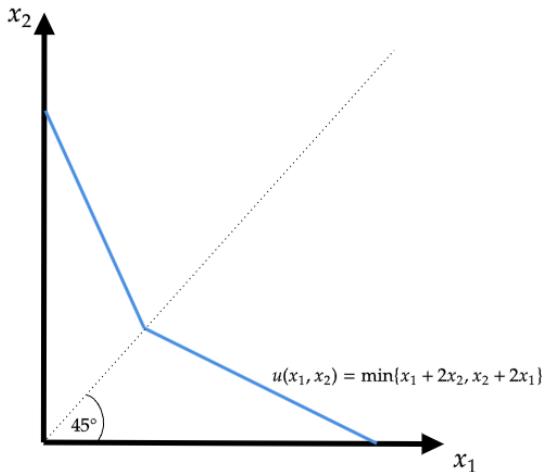


Figura 2.12: Una función muy interesante

Es una mezcla entre los casos de complementos y sustitutos. Y me gusta mucho porque resalta cómo entender la función de utilidad, antes de cualquier otra cosa, nos otorga rápidamente la respuesta que queremos encontrar. Ilustremos esta curva de indiferencia en la figura 2.12.

Notemos que esta preferencia implica intuitivamente lo siguiente: si consumo más de  $x_2$  que de  $x_1$  (estar a la izquierda de la diagonal), entonces la TMS es de 2, lo que implica que estoy dispuesto a cambiar dos unidades de  $x_2$  por una de  $x_1$ , por lo que  $x_1$  me da más utilidad marginal que  $x_2$ . En el lado derecho de la diagonal, el análisis es al revés. Si estamos consumiendo a la par, estoy igual de feliz que dos unidades de un bien y una del otro.

Si hacemos el mismo método gráfico de dibujar la curva de indiferencia y llevarla lo más lejos posible, nos daremos cuenta que depende **crucialmente** de cómo son los precios para saber dónde debería consumir el agente. De la misma forma que mencioné anteriormente en el caso de Sustitutos que el precio era lo más importante, acá sigue siendo cierto (en todos los casos es cierto, sólo que en complementos perfectos estás obligado a pagar lo que sea para tener uno de cada bien).

Si el precio  $p_2$  es muy bajo, entonces será mejor tomar una canasta del lado izquierdo, porque prefiero ganar la mayor cantidad de mi utilidad a través de consumir  $x_2$ . De hecho, para cualquier ratio  $\frac{p_1}{p_2} > 2$ , tomaremos este camino. Al revés, si el precio  $p_1$  es muy bajo, prefiero ganar toda mi utilidad por el lado derecho de la curva de indiferencia y consumir sólo  $x_2$ . Por lo tanto, si  $\frac{p_1}{p_2} < 1/2$ , nuestro consumo será todo  $x_1$ . ¿Qué pasa en otros casos? Bueno, notemos que si  $\frac{p_1}{p_2} = 2$ , entonces el lado izquierdo de la curva de indiferencia se superpone con la restricción presupuestaria. Lo mismo pasa con el lado izquierdo si  $\frac{p_1}{p_2} = 1/2$ . Por lo tanto, si el ratio de

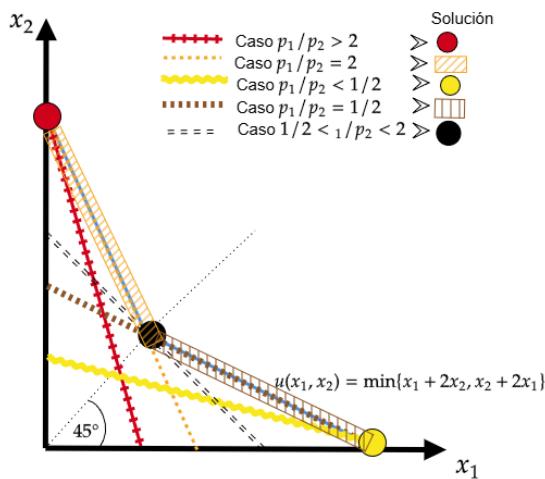


Figura 2.13: Posibles óptimos de una función muy interesante. Cada recta de color representa un caso de precios, mientras que los círculos y rectángulos muestran la solución al color correspondiente.

precios es 2, entonces consume cualquier canasta que esté en la superposición correspondiente la izquierda. Si el ratio de precios es 1/2, consumirá cualquier canasta que esté en la superposición correspondiente la derecha. Finalmente, si el ratio de precios está entre 1/2 y 2, notemos que la solución será la de consumir ambos bienes por igual.

Así, ¿cuántas posibles soluciones tenemos? ¡Pues infinitas! Dependerá de los precios. Hay cinco casos, uno para cada escenario, entre ellos la solución es única, pero en dos casos las soluciones son infinitas (posicionarse en cualquier parte de ese segmento de la recta superpuesta con la curva de indiferencia).

$$(x_1^M, x_2^M) = \begin{cases} \left(\frac{m}{p_1}, 0\right) & \text{si } \frac{p_1}{p_2} < \frac{1}{2}, \\ \left(0, \frac{m}{p_2}\right) & \text{si } \frac{p_1}{p_2} > 2, \\ \{(x_1, x_2) \in \mathbb{R}^2 : p_1x_1 + p_2x_2 = m, x_2 > x_1\} & \text{si } \frac{p_1}{p_2} = 2, \\ \{(x_1, x_2) \in \mathbb{R}^2 : p_1x_1 + p_2x_2 = m, x_1 > x_2\} & \text{si } \frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{2}, \\ \left(\frac{m}{p_1+p_2}, \frac{m}{p_1+p_2}\right) & \text{si } \frac{1}{2} < \frac{p_1}{p_2} < 2. \end{cases}$$

Este ejercicio es mi favorito porque resalta la importancia de (i) los precios, y (ii) entender cómo funciona la función de utilidad. Recomiendo fielmente estudiarlo y entenderlo, ayuda mucho a abrir los ojos.

### 2.1.6. El método de Karush-Kuhn-Tucker

Como dije anteriormente, cometí un gran pecado para todo profesor de microeconomía (so what!), que es solucionar el problema omitiendo elementos relevantes, como las condiciones de holgura complementaria. Cuando solucioné los problemas anteriores, omití casi por completo la condición de no-negatividad y de holgura complementaria. A menos que tengas un profesor que quiera hacer una pregunta muy difícil, mantenerse con los métodos de arriba funciona bien para llegar al grano. De todas formas, alguna vez necesitaremos saber cómo se soluciona esto de manera más formal a través del método KKT.

Este método lo usaremos para lidiar con no-negatividad y holgura de la restricción presupuestaria. Lo primero lo omití, sí, lo acepto. Lo segundo nos lo sacamos de encima rápidamente porque mencioné que sólo nos íbamos a centrar en casos donde los agentes eran no saciables, y siempre que podían consumirían más.

Así, el problema es el mismo, pero con la restricción que antes omitimos en cierta manera.

Considera el problema del consumidor:

$$\begin{aligned} & \max_{x_1, x_2} u(x_1, x_2) \\ \text{sujeto a } & p_1 x_1 + p_2 x_2 \leq m, \\ & x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

Sea la función Lagrangiana

$$L(x_1, x_2, \lambda, \mu_1, \mu_2) = u(x_1, x_2) + \lambda(m - p_1 x_1 - p_2 x_2) + \mu_1 x_1 + \mu_2 x_2,$$

donde los multiplicadores de Lagrange cumplen:

$$\lambda \geq 0, \quad \mu_1 \geq 0, \quad \mu_2 \geq 0.$$

Las condiciones de primer orden y de holgura complementaria (KKT) son:

#### 1. Estacionariedad:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial x_1} &= u_{x_1}(x_1, x_2) - \lambda p_1 + \mu_1 \leq 0, \quad \mu_1 x_1 = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial x_2} &= u_{x_2}(x_1, x_2) - \lambda p_2 + \mu_2 \leq 0, \quad \mu_2 x_2 = 0. \end{aligned}$$

#### 2. Factibilidad primal:

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 \leq m, \quad x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0.$$

#### 3. Factibilidad dual:

$$\lambda \geq 0, \quad \mu_1 \geq 0, \quad \mu_2 \geq 0.$$

#### 4. Holgura complementaria para la restricción presupuestaria:

$$\lambda(m - p_1x_1 - p_2x_2) = 0.$$

Dada una función cualquiera, tendremos que navegar entre los múltiples escenarios para encontrar el máximo global y así solucionar el problema. De hecho, hay ocho casos:

- $x_1, x_2 > 0$  y  $\lambda > 0, \mu_1 = \mu_2 = 0$ . Este es el caso más común, y el que hicimos primero. Dado no saciedad, y complementariedad de las preferencias, consumimos positivo de cada bien. Esta será la solución común cuando, por ejemplo, hay una interacción entre los bienes en nuestra función de utilidad. Por ejemplo, se multiplican. Si se multiplican, entonces tiene que ser consumo positivo para ambos, de manera contraria tendríamos utilidad cero. Casos como el de una función tipo  $u(x_1, x_2) = \sqrt{x_1} + \sqrt{x_2}$  también resulta en este tipo de soluciones a pesar de que no se multipliquen. Esto es porque la utilidad marginal de cada bien decrece, por ende existe un tradeoff entre cada unidad y cuánto aporta la unidad extra. Dado esto, no tiene sentido consumir todo de un bien, porque consumiendo una unidad más obtendría una utilidad marginal mayor que la última que tome del primer bien. Por otro lado, si el agente es no saciable (función siempre creciente), entonces también se cumplirá la restricción presupuestaria de manera activa. Un *tip* popular que hago para verificar que esta sea la solución, es evaluar si se cumple el siguiente límite

$$\lim_{x_j \rightarrow 0} \frac{\partial u}{\partial x_i} = \infty.$$

De ser así, entonces tenemos que consumir de ambos bienes, de otra forma convendría tomar una sola unidad del otro bien y obtenemos utilidad marginal infinita.

- $x_1 = 0, x_2 > 0$  y  $\lambda > 0, \mu_1 > 0, \mu_2 = 0$ . En este caso, se consume sólo un bien. Este caso suele aparecer en sustitutos perfectos o similares, donde no hay interacción entre las variables. A veces surge cuando la restricción presupuestaria es muy acotada y los retornos decrecientes de un bien no alcanzan a agotarse lo suficiente. Si la función de utilidad no tiene una interacción entre las variables, vale la pena ver este caso.
- $x_1 > 0, x_2 = 0$  y  $\lambda > 0, \mu_1 = 0, \mu_2 > 0$ . Lo mismo que la anterior pero al revés.
- $x_1 = 0, x_2 = 0$  y  $\lambda > 0, \mu_1 > 0, \mu_2 > 0$ . En este caso, todos los bienes son males, es decir, consumir causa desutilidad.

Los siguientes casos sólo si dan si las funciones de utilidad no son no-saciables, es decir, si el consumidor puede decidir no querer más de ningún bien. Para estos casos, vale la pena revisar si la función se comporta de forma parabólica.

- $x_1, x_2 > 0$  y  $\lambda = 0, \mu_1 = \mu_2 = 0$ .
- $x_1 = 0, x_2 > 0$  y  $\lambda = 0, \mu_1 > 0, \mu_2 = 0$ . E
- $x_1 > 0, x_2 = 0$  y  $\lambda = 0, \mu_1 = 0, \mu_2 > 0$ .
- $x_1 = 0, x_2 = 0$  y  $\lambda = 0, \mu_1 > 0, \mu_2 > 0$ .

Revisando los tips de arriba, debería ser fácil identificar cual caso es el indicado. Mi regla es que si la función de utilidad es cuasi cóncava, monótona y continuamente diferenciable, tomaremos el primer enfoque de inmediato y lo más probable es que estaremos en lo cierto. En caso de que las funciones no tengan interacciones (por ejemplo, que tenga sumas), entonces vale la pena revisar los demás casos.

Notemos que a la derecha de las ecuaciones de Estacionariedad tenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned}\mu_1 x_1 &= 0, \\ \mu_2 x_2 &= 0.\end{aligned}$$

Por mucho tiempo omití entender esta restricción, pero con el tiempo me dí cuenta que resumen todos los casos posibles y son bien intuitivas una vez que les das vueltas. Notemos que estas restricciones son con **igualdad**, da lo mismo lo que pase. Esto nos ayuda a evaluar todos los casos. Tomemos como ejemplo la primera.

Tiene que ser **sí o sí** que, o  $\mu_1 = 0$ , o que  $x_1 = 0$ , porque la multiplicación siempre tiene que terminar en 0. Esto es porque, en caso de haber consumo positivo del bien 1, entonces la restricción de no-negatividad no está activa, por lo tanto el multiplicador lagrangeano debe ser cero para que se cumpla la ecuación. De caso contrario, si  $x_1$  es cero, entonces la igualdad se cumplirá de todas formas y  $\mu_1 > 0$  por definición de la restricción. Esto resume todos los escenarios posibles una vez que vemos el sistema de ecuaciones completo. Por esto, si uno quiere hacerlo cien por ciento correcto (aburrido), entonces vale la pena pasearse por todos los casos. Sin embargo, en una mayoría de los casos esto no es necesario. Basta con guiarse con los tips de arriba.

## 2.2. El Problema Dual

En la sección pasada vimos el problema de un consumidor intentando maximizar su utilidad, sujeto a gastar dentro de su restricción presupuestaria. Sin embargo, uno podría pensar el problema de forma reversa: "si necesito

obtener un nivel de utilidad determinado, cuánto es lo mínimo que necesitaría de ingreso para lograrlo". Todos nos hemos enfrentado a ambos problemas. En el primer ejemplo, imaginemos que nuestra mamá nos da 10.000 pesos para comprar pan en el supermercado para un asado. La decisión que haremos con esos 10.000 óptimas nos dará una utilidad, digamos, de 10 (quizás, significando que logramos alimentar a las diez personas del asado). El problema al revés sería: "necesito alimentar a diez personas en el asado, ¿cuánto es lo mínimo que necesitaría para lograrlo?". La respuesta a esta sería exactamente los 10.000 que nos dio nuestra madre en la pregunta anterior, porque ambas son básicamente dos caras de una misma moneda, implicando un consumo eficiente. Si la respuesta no fuera la misma y, en cambio, sería un ingreso mayor, esto no tendría sentido, porque significa que de alguna forma hicimos trampa en el primer problema porque no hubiéramos podido pagarlo. Esta sección se dedica a entender esta segunda cara de la moneda: **el problema dual**. Veremos que, si bien podemos sacar conclusiones similares en algunos aspectos, también nos permite abordar otras problemáticas y entender otros elementos detrás del razonamiento del humano en sus decisiones de consumo.

#### Recordemos: demanda marshalliana

Llamamos demanda marshalliana a las funciones (o correspondencias)

$$x_i^M(p_1, p_2, m),$$

que nos dicen cuánto consumir según precios e ingreso. Estas se obtienen solucionando el problema

$$\max_{x_1, x_2} u(x_1, x_2),$$

sujeto a  $m \geq p_1 x_1 + p_2 x_2$ .

#### Problema dual

Llamamos demanda **hicksiana** (o compensada) a las funciones (o correspondencias)

$$x_i^M(p_1, p_2, \bar{u}),$$

que nos dicen cuánto consumir según precios y un nivel de utilidad deseado. Estas se obtienen solucionando el problema

$$\min_{x_1, x_2} p_1 x_1 + p_2 x_2 \text{ sujeto a: } \bar{u} = u(x_1, x_2).$$

Gráficamente el problema se ve, valga la redundancia, al revés. Es preguntable qué restricción presupuestaria yo necesitaría para llegar de la forma más barata a una curva de indiferencia describiendo  $\bar{u}$ . Veamos esto en la

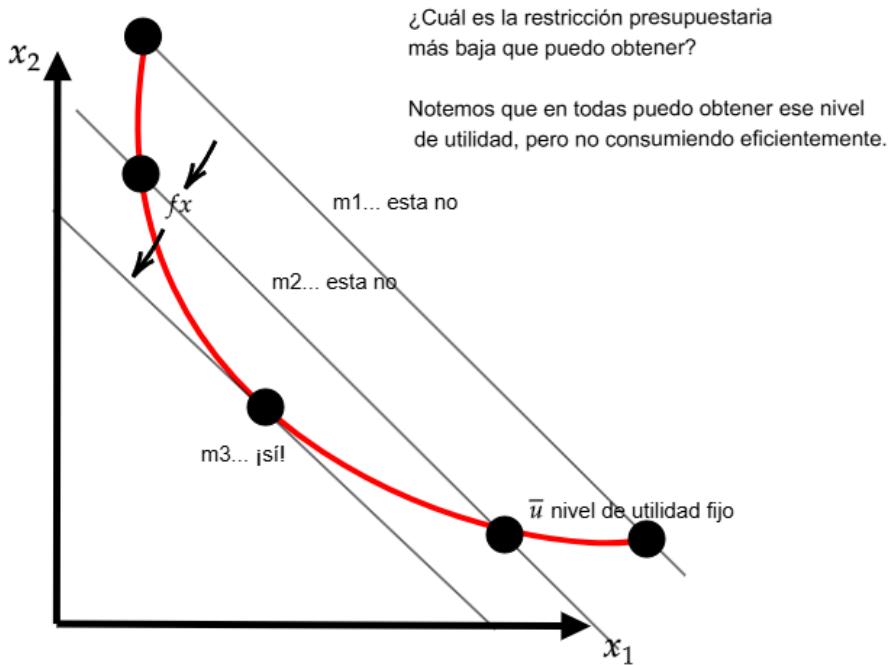


Figura 2.14.

Solucionemos el problema, paso por paso. Primero planteamos el lagrangeano (asumiré problemas "típicos" continuamente diferenciables, cuasi cónicas, etcétera):

$$\min_{x_1, x_2} p_1 x_1 + p_2 x_2 \text{ sujeto a: } \bar{u} = u(x_1, x_2).$$

$$L = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \lambda(u - u(x_1, x_2)),$$

donde procedemos a derivar e igualar a cero (*as we usually do...*)

$$\frac{\partial L}{\partial x_1} = p_1 - \lambda \frac{\partial u}{\partial x_1} = 0;$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2} = p_2 - \lambda \frac{\partial u}{\partial x_2} = 0;$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \bar{u} - u(x_1, x_2) = 0.$$

Notemos que, juntando las primeras dos ecuaciones (movamos hacia un lado y dividimos entre ellas), ¡tenemos el mismo resultado de tangencia que el problema de maximización!

$$p_1 - \lambda \frac{\partial u}{\partial x_1} = p_2 - \lambda \frac{\partial u}{\partial x_2} \implies \frac{\frac{\partial u}{\partial x_1}}{\frac{\partial u}{\partial x_2}} = TMS = \frac{p_1}{p_2}.$$

Esto tiene mucho sentido, porque si quiero conseguir algo de la forma más barata posible, debe ser que mi gasto, en proporciones de utilidades marginales versus sus costos, tienen que ser eficientes. Si no fuera de esa forma, y el ratio de utilidades marginales fuera mayor que el de precios, entonces podría cambiar consumo de un bien por otro y ganar más utilidad de lo que pago. ¡Esta es exactamente la misma intuición fundamental que derivamos anteriormente! Pero de la misma forma, esta condición de mismas derivadas se puede dar en infinitos puntos, por lo que tenemos que usar la restricción para encontrar el punto correspondiente en el nivel de utilidad que deseamos.

Reemplazando en la restricción de utilidad

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \bar{u} - u(x_1, x_2) = 0,$$

y despejando, obtendremos las demandas hicksianas

$$(x_1^H(\bar{u}, p_1, p_2); x_2^H(\bar{m}, p_1, p_2)).$$

Usando las demandas hicksianas en la función de minimización  $p_1x_i^H + p_2x_2^H$ , obtenemos la famosa **función de gasto mínimo**, que nos dice el gasto mínimo que deberíamos hacer para obtener un nivel de utilidad deseado, dado ciertos precios:

$$G^*(p_1, p_2, \bar{u}) = p_1x_i^H(p_1, p_2, \bar{u}) + p_2x_2^H(p_1, p_2, \bar{u}).$$

Notemos que lo que estamos minimizando es el nivel de la curva, dado que los precios están dados y no podemos cambiar los precios. Es por esta simetría exacta de resultados que llamamos a este problema "dual". De hecho, a continuación veremos que podemos obtener demandas hicksianas a través de saber demandas marshallianas, y funciones de gasto mínimo sabiendo también función de utilidad indirecta, y viceversa, y sus combinaciones. **Jamás no se cumplirá dualidad.**

Solución para el problema dual de minimización con función Cobb-Douglas

Consideremos el problema dual del consumidor:

$$\min_{x_1, x_2} x_1 + x_2 \quad \text{sujeto a} \quad x_1^{0,5} x_2^{0,5} = 5,$$

donde se busca alcanzar un nivel de utilidad  $u_0 = 5$  con precios unitarios  $p_1 = p_2 = 1$ .

**Paso 1: Formulación del Lagrangeano.** Definimos:

$$\mathcal{L}(x_1, x_2, \lambda) = x_1 + x_2 + \lambda \left( 5 - x_1^{0,5} x_2^{0,5} \right).$$

**Paso 2: Condiciones de Primer Orden.** Derivamos la función Lagrangeana:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_1} = 1 - \lambda \frac{1}{2} x_1^{-0,5} x_2^{0,5} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_2} = 1 - \lambda \frac{1}{2} x_1^{0,5} x_2^{-0,5} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = 5 - x_1^{0,5} x_2^{0,5} = 0. \quad (3)$$

**Paso 3: Relación entre  $x_1$  y  $x_2$ .** Dividiendo la ecuación (1) entre la (2) obtenemos:

$$\frac{1 - \lambda \frac{1}{2} x_1^{-0,5} x_2^{0,5}}{1 - \lambda \frac{1}{2} x_1^{0,5} x_2^{-0,5}} = \frac{1}{1} \implies \frac{x_2}{x_1} = 1 \implies x_1 = x_2.$$

**Paso 4: Sustitución en la Restricción.** Sustituyendo  $x_1 = x_2$  en la ecuación (3):

$$5 - x_1^{0,5} x_1^{0,5} = 5 - x_1 = 0 \implies x_i^H = 5,$$

por lo que:

$$x_2^M = 5.$$

**Conclusión:** La solución óptima del problema dual es:

$x_i^H = 5, \quad x_2^H = 5, \quad \text{con un gasto mínimo de } 10.$
--

### 2.3. Una variable para gobernarlos a todos.

Entonces, como hablábamos, ¿es posible entonces encontrar cada elemento, sólo teniendo uno? Pues sí. Debido a la relación homóloga entre el problema de maximización y minimización, podemos hacer cambios de variables que permiten inferir otras variables de interés. Al igual que Sauron en El Señor de los Anillos, necesitaremos sólo un anillo (o una variable de interés) para encontrarlos a todos.



Figura 2.15: Sauron

Por ejemplo, supongamos que estamos en el caso de la función de utilidad Cobb Douglas  $u(x_1, x_2) = \sqrt{xy}$ , por lo que la función de utilidad indirecta es (pueden ver cómo obtener esto más arriba):

$$v^*(p_1, p_2, m) = \frac{m}{p_1 + p_2}.$$

$m$  es el ingreso que necesitamos para obtener el nivel de utilidad  $v^*$ , por lo que podemos reordenar la ecuación para obtener:

$$v^*(p_1 + p_2) = m.$$

Dado que, por dualidad, ambos problemas de maximización y minimización deben dar los mismos resultados, entonces si nos preguntamos cuánto es el gasto necesario para obtener el nivel de utilidad  $u^*$ , basta con reemplazar  $m$  por  $G^*$  y estamos listos.

$$u^*(p_1 + p_2) = G^*.$$

Por ende, reordenando la función de utilidad indirecta podemos obtener el gasto mínimo. De manera viceversa, si tengo el gasto mínimo, puedo obtener la función de utilidad indirecta. Obviamente, si tenemos las demandas, podemos obtener todo. ¿Pero, podemos hacerlo al revés, saber las demandas sólo sabiendo la utilidad indirecta o el gasto mínimo? La respuesta es que sí, y viene de la mano la Identidad de Roy y el Lema de Shepard.

### La Identidad de Roy

Esta identidad nos permite encontrar la demanda marshalliana  $x_i^M(p_1, p_2, m)$  de un bien  $i$  sabiendo la función de utilidad indirecta.

$$x_i^M(p_1, p_2, x) = \frac{\frac{\partial v(p_1, p_2, m)}{\partial p_i}}{\frac{\partial v(p_1, p_2, m)}{\partial m}}$$

El origen de esta identidad no es fácil de observar a simple vista, pero con un poco de esfuerzo es posible entenderla. Recordemos que llamamos a  $\lambda$  precio sombra, es decir, en cuánto aumenta la función de utilidad ante un aumento del ingreso.

El truco está en saber lo siguiente:

- Por teorema de la envolvente, es cierto que

$$\frac{\partial v(p_1, p_2, m)}{\partial p_1} = \frac{\partial L}{\partial p_1} = -\lambda x_1.$$

La intuición es que, debido a que la función de utilidad indirecta nos mapea la utilidad directamente con precios e ingreso, entonces la derivada respecto a  $p_1$  debe ser igual a  $\lambda x_1$  porque sería el precio sombra multiplicado por cuántas unidades tengo, hay un efecto multiplicativo.

- Por otro lado, tenemos que

$$\frac{\partial v(p_1, p_2, m)}{\partial m} = \frac{\partial L}{\partial m} = \lambda.$$

Siguiendo la misma intuición, si aumenta mi ingreso, por definición mi precio sombra me da la utilidad que aumentaría.

- Sabemos entonces que

$$\frac{\partial L}{\partial p_i} / \frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{\lambda x_i}{\lambda} = x_i.$$

Por lo que, usando en vez las derivadas de las funciones de utilidad indirecta:

$$x_i^M(p_1, p_2, x) = \frac{\frac{\partial v(p_1, p_2, m)}{\partial p_i}}{\frac{\partial v(p_1, p_2, m)}{\partial m}}$$

En resumen, esta identidad es posible porque las derivadas de la función de utilidad indirecta respecto al precio y el ingreso se relacionan a través del precio sombra. Respecto al precio, la derivada es el precio sombra por la

cantidad de bienes que tengo, mientras que respecto al ingreso es el precio sombra mismo, por definición del precio sombra. Dividiendo una con la otra nos da la identidad.

Dato curioso: esta identidad tiene su nombre en honor al personaje de la saga Fire Emblem y Super Smash Brothers: Roy.



Figura 2.16: Roy

Por otro lado, podemos obtener las demandas hicksianas a partir de la función de gasto mínimo usando el famoso Lema de Shepard. En mi opinión, la explicación es más intuitiva.

#### El Lema de Shepard

El Lema de Shepard nos permite obtener las demandas hicksianas (o compensadas) a partir de la función de gasto mínimo.

$$\frac{\partial G^*(p_1, p_2, \bar{u})}{\partial p_i} = x_i^H(p_1, p_2, \bar{u})$$

Esto es posible por una razón mucho más simple. ¿En cuánto aumenta la función de gasto mínimo, en caso de aumentar el precio de un bien? Por ejemplo, si aumenta el precio del bien 1, entonces el aumento será de  $x_1$  porque estoy llevando la misma cantidad de bienes, y el precio unitario de ella cambia. Por ende, la derivada del gasto mínimo respecto al precio debe darnos la demanda hicksiana.

Al igual que Roy, el Lema de Shepard es llamado así en honor al Comandante Shepard de la saga Mass Effect.

#### 2.3.1. Elasticidades

Muchas veces, lo que en verdad nos interesa es saber qué pasa cuando algún *shock* sacude la economía y qué podemos hacer para remediarlo. Estos es lo que solemos llamar como Estática Comparativa. De hecho, gran parte de la evidencia empírica en economía hace justamente esto. Por ejemplo, cuando hacemos una regresión y vemos cómo el precio de algo afecta a su consumo, lo que hacemos es ver qué pasaría con el consumo en un caso hipotético,



Figura 2.17: I'm Commander Shepard, and this is my favourite Economics book in the Citadel!

dada la experiencia pasada que tenemos. Cuando creamos un modelo para entender algo económico, nuestro propósito debiera ser usar este enfoque para ver posibles escenarios futuros (esta parte práctica no es el enfoque del libro, pero si intentaré hacer una sección pequeña al final).

Así, tenemos todo tipo de herramientas que nos permitirá resolver estas preguntas en el marco del consumo del agente. Algunas más conocidas que otras, seguramente. Comenzamos con las famosas **elasticidades**. Usualmente tendremos tres tipos de elasticidades:

- **Elasticidad propia:** corresponde al cambio porcentual en la cantidad demandada de un bien, ante un cambio porcentual en su mismo precio. La definimos como

$$\eta_{ii} = \frac{\partial x_i}{\partial p_i} \frac{p_i}{x_i}.$$

La intuición de estos términos es más clara cuando reordenamos la ecuación:

$$\eta_{ii} = \frac{\partial x_i}{\partial p_i} \frac{p_i}{x_i} = \frac{\partial x_i}{x_i} / \frac{\partial p_i}{p_i},$$

donde el primer término es el cambio porcentual del bien  $i$ , y el segundo es el cambio porcentual del precio para ese bien. Al dividir uno con el otro, obtenemos cuánto aumenta  $x_i$  en porcentaje, ante un cambio porcentual en el precio. Si el valor es menor a 1, entonces cambia en menor medida que el precio, por ende el bien es más **inelástico** al precio. Mientras que si es mayor a 1, es más **elástico**, dado que el precio afecta en mayor proporción al consumo. Les llamamos de esta forma porque uno puede imaginarse cuánto se deben "estirar" para acomodar la demanda. Por ejemplo, si tuviéramos diez bebidas cola idénticas, deberían ser elásticas sus demandas. Pero si, por ejemplo, hubiera sólo una y **necesitamos** esa bebida para vivir, entonces sería una demanda inelástica porque no importa cuánto suba el precio, seguiré consumiendo.

- **Elasticidad cruzada:** corresponde al cambio porcentual en la cantidad demandada de un bien, ante un cambio porcentual en el precio de otro bien. La definimos como

$$\eta_{ij} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j} \frac{p_j}{x_i}.$$

En caso de moverse juntos, es decir, si cae el aumento el precio del otro, la mía también cae, entonces hablamos de **complementos** porque su consumo es complementario. En caso de ser negativa, es decir, si aumentar porcentualmente el precio de  $j$  aumenta porcentualmente el consumo de  $i$ , entonces hablamos de **sustitutos** porque cambiamos el consumo de bien entre ellos al ser más caro el que cambió su precio. Por ejemplo, la Coca-Cola y la Pepsi son sustitutas, mientras que la Coca-Cola con las papas fritas Lays son complementos.

- **Elasticidad ingreso:** corresponde al cambio porcentual en demanda de  $x_i$  al cambiar porcentualmente el ingreso.

$$\eta_{im} = \frac{\partial x_i}{\partial m} \frac{m}{x_i}.$$

En caso de ser positiva y menor a 1, la llamamos un bien **normal**, pues consumo un poco más si aumenta mi ingreso. En caso de ser mayor a 1, lo llamamos un bien **de lujo**, pues consumo en mayor proporción que lo que me entra de consumo. Finalmente, en caso de ser dejar de consumir si sube mi ingreso (menor a 0), entonces lo llamamos un bien **inferior**. En caso de ser 0, entonces es **nula**. Por ejemplo, las joyas son bienes de lujo porque las compro en mayor cantidad cuando tengo harto dinero. El transporte público en una ciudad hecha para autos es inferior, porque dejo usarlo una vez que puedo usar auto. Finalmente, sólo uso una pasta de dientes, por lo que podría ser un bien neutro.

### Ecuación de Slutsky

Por la dualidad vista anteriormente, sabemos que

$$x_i^H(p_1, p_2, \bar{u}) = x_i^M(p_1, p_2, G^*(p_1, p_2, \bar{u})).$$

Si derivamos respecto al precio cualquier bien  $j$  (no necesariamente uno distinto), tenemos la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \frac{\partial x_i^H(p_1, p_2, \bar{u})}{\partial p_j} &= \frac{\partial x_i^M(p_1, p_2, m)}{\partial p_j} + \frac{\partial x_i^M(p_1, p_2, m)}{\partial m} \frac{\partial G^*(p_1, p_2, \bar{u})}{\partial p_j}, \\ \frac{\partial x_i^H(p_1, p_2, \bar{u})}{\partial p_j} &= \frac{\partial x_i^M(p_1, p_2, m)}{\partial p_j} + \frac{\partial x_i^M(p_1, p_2, m)}{\partial m} x_i^H(p_1, p_2, \bar{u}), \end{aligned}$$

Pero, personalmente, me gusta verla como

$$\frac{\partial x_i^M(p_1, p_2, m)}{\partial p_j} = \frac{\partial x_i^M(p_1, p_2, m)}{\partial m} x_i^H(p_1, p_2, \bar{u}) - \frac{\partial x_i^H(p_1, p_2, \bar{u})}{\partial p_j},$$

A esta ecuación la llamamos **Ecuación de Slutsky**, y nos describe cuánto del cambio en el consumo de un bien se da por los efectos **ingreso y sustitución**. La ecuación nos dice que el cambio de consumo de un bien, al cambiar el precio  $i$ , se da por dos efectos. El primer efecto es el llamado ingreso, y notemos que se debe a que el cambio en precio equivale a un cambio en riqueza (o poder adquisitivo), multiplicado por la cantidad del bien. Entonces, este cambio en poder adquisitivo dado por un cambio en precios cambia nuestras locación de consumo. Por otro lado, el segundo término es el efecto **sustitución**, y se llama así porque explica un efecto puro de cuánto debiera cambiar su consumo de un bien por otro, con tal de mantener su utilidad constante (por eso la demanda hicksiana). Mi forma de interpretarlo es que el agente primero intenta mantener su utilidad constante con pura sustitución de un bien por otro (ES), debido a que el ratio de precios ha cambiado y la condición de tangencia no es la misma. En caso de ser imposible mantener su utilidad, esto implica que su poder adquisitivo ha cambiado, y por lo tanto, debe modificar su consumo más aún (EI). Dado que la condición de tangencia es distinta porque cambiaron los precios, el efecto sustitución es el ajuste por consumir de nuevo de forma óptima, acorde a los precios nuevos.

El gráfico típico es la Figura 2.18. Supongamos que hubo un aumento del precio del bien 1, y tenemos demandas normales. Eso modifica la pendiente de la  $RP_0$  y nos deja con una restricción presupuestaria  $RP_1$  con una pendiente mayor. Originalmente consumía  $x_0^*$  y tras el cambio  $x_1^*$ . Hago un paso relevante para ver los dos efectos claramente: usando la restricción presupuestaria con precios **nuevos**, desplazamos esa curva hasta topar con la curva de indiferencia original. Esto sería un nivel de riqueza equivalente al original pero con precios nuevos, debido a que nos permite el mismo nivel de utilidad, pero consumiendo una canasta distinta que la original a precios nuevos.

Por lo tanto, el efecto sustitución será todo entre  $x_0^*$  y  $x_1^{*'}'$ , simbolizando este ajuste en razón de consumo puramente a través de sustitución para acomodarse a los nuevos precios en su condición de tangencia. Luego, el espacio entre el consumo final y el consumo que hiciera con más ingreso pero precios nuevos sería el efecto sustitución, ya que sería el ajuste en consumo debido a que no posee la misma riqueza que antes.

## 2.4. Bienestar del Consumidor

En muchos casos de interés, lo que queremos es saber qué hacer para solucionar un problema que afecta a la población. Por ejemplo, alguna emergencia mundial sucedió y los precios aumentaron, lo que provocó que personas

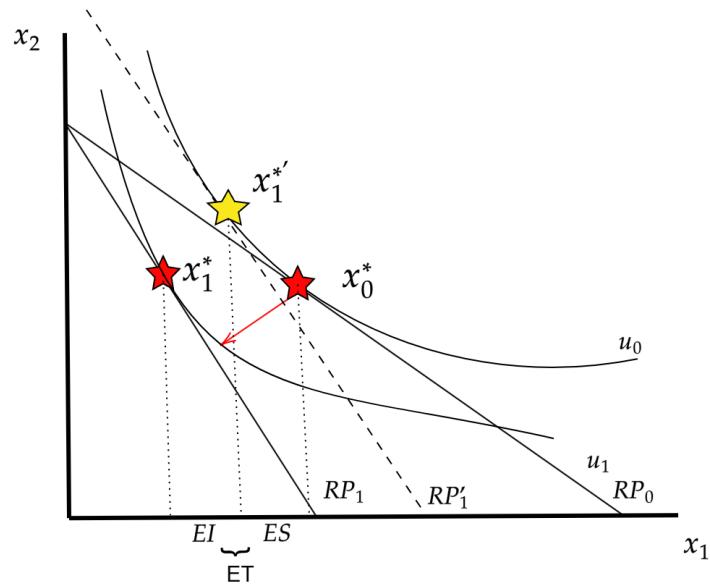


Figura 2.18: Efectos Ingreso y Sustitución

estén en peligro de no consumir suficiente comida. El Estado podría estar pensando en intentar dotar a estas personas de ingresos, de manera que puedan recuperar su utilidad anterior. Este tipo de análisis es nuestro enfoque en esta sección. Veremos principalmente dos medidas de bienestar, las cuales nos permitirán preguntarnos decisiones de política pública (bastante simples) para distintos escenarios. Estos son dos: **la variación compensatoria y la variación equivalente**.

#### 2.4.1. Variación compensatoria

Siempre recomiendo pensar en las siguientes según preguntas. El correspondiente a la variación compensatoria es:

- Supongamos que el precio de un bien aumenta, **¿cuánto ingreso debería darle, con estos precios nuevos, para volver a su utilidad anterior?**

Como explicamos antes, esto es una pregunta de política pública bien común, por lo que es de interés para nosotros. Como hablamos de otorgar ingreso para llegar a un nivel de utilidad, vamos a necesitar hacer un cálculo de funciones de costo mínimo. De hecho, podemos definir la variación compensatoria como:

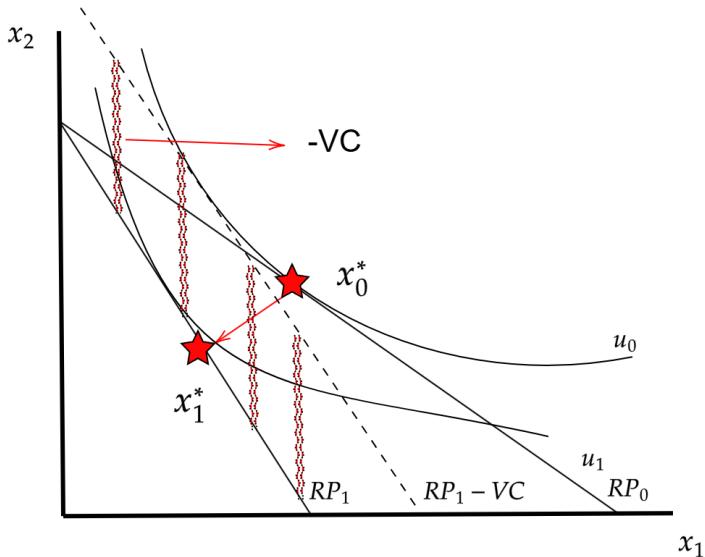


Figura 2.19: Variación Compensatoria

### Variación Compensatoria

¿Cuánto ingreso debería darle, con estos precios nuevos, para volver a su utilidad anterior? Hay dos formas de definir:

$$VC = G^*(p'_1, p_2, u) - G^*(p'_1, p_2, u')$$

o, en su forma de demanda hicksiana

$$VC = \int_{p'_1}^{p_1} x_1^H(p_1, p_2, u) dp_1$$

Por lo general me gusta tratar con la primera definición, cuya interpretación es directa de la pregunta. Estamos viendo cuánto entregar de ingreso, a través de la función de gasto mínimo, para llegar de un nivel de utilidad al anterior, según los precios. Notar que se define en negativo, por lo que un número negativo implica otorgar dinero, y para quitar dinero debiera ser positivo. La segunda definición es el área de la curva de demanda hicksiana para un nivel de utilidad constante.

En la Figura 2.19 ilustramos esto. Al aumentar el precio, la restricción presupuestaria toma mayor pendiente y cae la utilidad. La VC será entonces la distancia entre la nueva restricción presupuestaria (función de gasto mínimo), hasta aquella que sería necesaria, bajo los nuevos precios (la nueva pendiente), para obtener el mismo nivel de utilidad anterior.

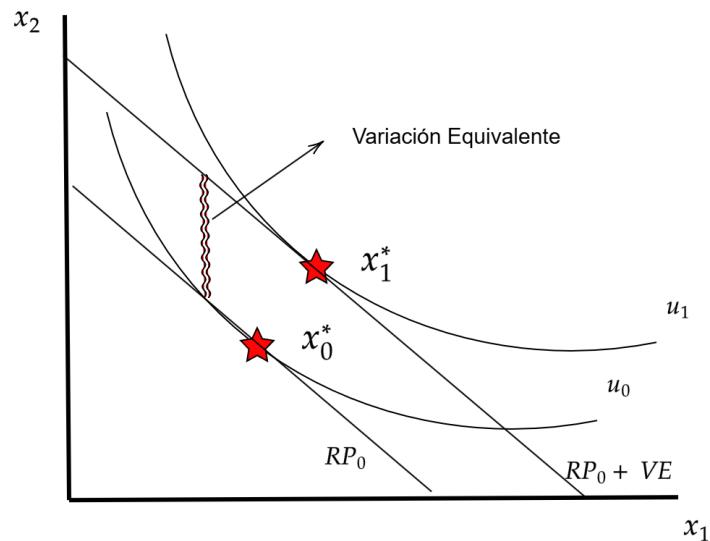


Figura 2.20: Variación Equivalente

#### 2.4.2. Variación equivalente

La variación equivalente no se pregunta un cambio en precio, sino cuánto dinero otorgar para moverme de una utilidad a otra. A diferencia de VC, acá no hay cambios en precios.

- ¿Cuánto necesito dar/quitar, en dinero, para llegar a un nivel de utilidad deseado?

##### Variación Equivalente

¿Cuánto necesito dar/quitar, en dinero, para llegar a un nivel de utilidad deseado?

$$VC = G^*(p_1, p_2, u') - G^*(p_1, p_2, u)$$

o, en su forma hicksiana,

$$VC = \int_{p'_1}^{p_1} x_1^H(p_1, p_2, u') dp_1$$

La lógica es la misma que antes. Gráficamente, nos preguntamos en la distancia en términos de función de gasto mínimo, entre una curva de indiferencia y otra. Esto lo podemos apreciar en la Figura 2.20.

## Capítulo 3

# Intercambio (sin producción)

El hecho que esta sección esté acá, y no sigamos por Teoría de la Firma, es para nada común en los libros. Sin embargo, siempre he sentido que tiene más cohesión en el relato terminar de entender a los consumidores, y después dedicarnos de lleno a entender a las empresas. Creo que a veces se pierde un poco el hilo tomando ese espacio para volver al intercambio entre consumidores.

Intercambio sin producción es, a mi parecer, un momento clave en la vida de todo economista. Es donde la magia toma lugar y uno se enamora. Escribo esto mientras me caen lágrimas de la emoción y mi teclado se prende en fuego. En fin, esto no será visto en este orden en sus libros de estudio oficiales, sin embargo, creo que es conveniente abordarlo para seguir entendiendo a los consumidores y cómo ahora interactúan entre ellos. También torga una primera noción sobre cómo se determinan los precios de manera endógena (es decir, en equilibrio, a diferencia de la sección anterior donde estaban dados). Terminaremos con el momento más bello de la vida: ver y entender, por primera vez, el primer teorema del bienestar.

### 3.1. Dos agentes y una nueva restricción presupuestaria

Intercambio aborda una nueva parte de nuestra natural interacción humana: el intercambio, y explicará varios fenómenos que antes dábamos por dados. Cuando nosotros compramos algo, usualmente lo que estamos haciendo es intercambiar dinero o bienes, por otros bienes. Acá vamos a modelar justamente eso. Todavía no vamos a asumir la existencia de empresas que producen bienes, sino que vamos a asumir que somos dos personas en una isla, y que cada uno llegó a este mundo con una dotación de bienes predefinida. Al encontrarse uno con esta otra persona, nos daremos cuenta que podemos potencialmente intercambiar para mejorar nuestra utilidad, en caso de que encontremos posibilidades de que cada uno se lleve más bienes

que necesita.

Así, hay tres elementos nuevos en este modelo:

1. Dos agentes: en esta economía, tendremos a dos personas: A y B. Cada una con su propia función de utilidad y con una dotación potencialmente distinta, o no.
2. Precios: antes dábamos los precios como datos (lo que llamamos exógenos), sin embargo, acá no será el caso. El precio se dará en equilibrio, y dependerá fundamentalmente de las preferencias de cada uno y de sus dotaciones. Por ejemplo, un precio será obviamente muy caro si es deseado y escaso.
3. Ingreso: el ingreso de cada persona ya **no** es  $m$ . Sino que también será dado de manera endógena por las preferencias, los precios y la dotación de las personas de la economía. Por ejemplo, si llegué con uno de cada bien, y en equilibrio vemos que el precio de cada bien es de 10, entonces nuestro ingreso sería  $m(p_1, p_2, \bar{x}_1^A, \bar{x}_1^B) = p_1\bar{x}_1^A + p_2\bar{x}_2^A$ . Que sería el equivalente a vender todos sus bienes al precio de mercado, y luego usar ese ingreso para comprar los bienes que desee.

### 3.1.1. El problema de cada agente

Cada agente estará, por ahora, interesado en su propio bienestar. Tiene su función de utilidad, su dotación, y usará eso para comprar bienes. El problema es el mismo que el capítulo anterior. Cada agente estará interesado en maximizar su propia utilidad sujeto a la restricción presupuestaria (que, por ahora, no sabemos que tan restrictiva es).

El agente A solucionará el problema:

$$\max_{x_1^A, x_2^A} u(x_1^A, x_2^A) \quad \text{sujeto a: } p_1\bar{x}_1^A + p_2\bar{x}_2^A \geq p_1x_1^A + p_2x_2^A,$$

mientras que el agente B solucionará

$$\max_{x_1^B, x_2^B} u(x_1^B, x_2^B) \quad \text{sujeto a: } p_1\bar{x}_1^B + p_2\bar{x}_2^B \geq p_1x_1^B + p_2x_2^B,$$

Como he mencionado recién, notemos que la restricción presupuestaria es distinta, y no está definida *ex-ante*. Tomemos como ejemplo la restricción del primer agente:

- $p_1\bar{x}_1^A + p_2\bar{x}_2^A$  indica el ingreso que tendríamos tras vender los bienes que fuimos dotados a un precio determinado, el cual se determinará en equilibrio.
- $p_1x_1^A + p_2x_2^A$  es la cantidad de bienes que decidí comprar.

Solucionando el problema de cada agente llegaremos a las mismas demandas que vimos en el capítulo 1, pero la diferencia recae ahora en que no depende de sólo precios e ingreso, sino que dependerá de las dotaciones.

Notemos que la primera parte es igual, pero con el nuevo ingreso:

- Paso 1: Formulación del Lagrangeano.

Definimos la función Lagrangeano de la siguiente manera:

$$\mathcal{L}(x_1, x_2, \lambda) = u(x_1, x_2) + \lambda(p_1\bar{x}_1^A + p_2\bar{x}_2^A - p_1x_1 - p_2x_2).$$

- Paso 2: Obtención de las Condiciones de Primer Orden (FOC). Se derivan parcialmente  $\mathcal{L}$  respecto a  $x_1$ ,  $x_2$  y  $\lambda$ , e igualamos a cero:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_1} = u_{x_1}(x_1, x_2) - \lambda p_1 = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_2} = u_{x_2}(x_1, x_2) - \lambda p_2 = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = p_1\bar{x}_1^A + p_2\bar{x}_2^A - p_1x_1 - p_2x_2 = 0. \quad (3)$$

Juntando las ecuaciones (1) y (2) recuperamos la misma condición de tangencia:

$$TMS_A = \frac{p_1}{p_2},$$

Y cuando reemplazamos en la restricción presupuestaria, vamos a tener que las demandas toman la misma forma de siempre, solo que dependiendo -por ahora- de sus propias dotaciones:

$$(x_1^{A*}(p_1, p_2, \bar{x}_1, \bar{x}_2^A); \quad x_2^{A*}(p_1, p_2, \bar{x}_1, \bar{x}_2^A)).$$

Sin embargo, esto no es del todo correcto, veremos que **los precios dependen de la dotación de todos los consumidores ( $\bar{x}$ )**. Veremos en un rato cómo se logra esto.

$$(x_1^{A*}(p_1(\bar{x}), p_2(\bar{x}), \bar{x}_1, \bar{x}_2^A); \quad x_2^{A*}(p_1(\bar{x}), p_2(\bar{x}), \bar{x}_1^A, \bar{x}_2^A)).$$

El agente B hará lo mismo, obviamente, y tendremos que sus demandas son:

$$(x_1^{B*}(p_1(\bar{x}), p_2(\bar{x}), \bar{x}_1^B, \bar{x}_2^B); \quad x_2^{B*}(p_1(\bar{x}), p_2(\bar{x}), \bar{x}_1, \bar{x}_2^B)).$$

Concluyendo, por ahora, las demanda serán las mismas, sólo que ahora el ingreso se compone de precios y dotación. Los precios no están dados, por lo que dependerán también de la dotación. El proceso de derivación de esta parte es la misma pero haciendo estos ajustes. Ahora veremos cómo se determinan los precios.

### 3.1.2. Condición de equilibrio: vaciado de mercado

Tenemos las demandas, ahora, dadas estas, tenemos que confirmar que efectivamente las demandas de cada bien sean plausibles dada la disponibilidad de cada bien en la economía. Esto es la **condición de vaciado de mercado**.

Para cada mercado, la demanda de ambos agentes tiene que ser igual a la dotación, de otra forma, sobrarían bienes en la mesa para que alguien consuma, o se consumirían más bienes de los que es posible.

$$\begin{aligned}\bar{x}_1^A + \bar{x}_1^B &= x_1^{A*} + x_1^{B*} \\ \bar{x}_2^A + \bar{x}_2^B &= x_2^{A*} + x_2^{B*}\end{aligned}$$

Sin embargo, dado algo que llamamos **Ley de Walras**, si  $n - 1$  mercados están en equilibrio, en  $n$ -ésimo también lo estará. Esto debido a una explicación matemática más larga, pero que esencialmente argumenta que la demanda de cada bien está dada por la frontera de posibilidades, por lo que sumando la oferta con la demanda, esta será igual a cero. En corto, esto permite sólo tener que resolver la primera ecuación.

Finalmente, dado que tanto el ingreso como los precios están completamente determinados por los precios, usar ambos precios  $p_1$  y  $p_2$  es redundante, pues lo que importa es la razón de los precios, no el nivel de los precios. Dado que los individuos venden sus dotaciones, la restricción presupuestaria es la misma si movemos los niveles pero no la razón de los precios. Es por esto que **SIEMPRE, SIEMPRE, SIEMPRE, SÓLO NOS IMPORTA LA RAZÓN DE LOS PRECIOS, POR LO QUE ESTANDARIZAMOS EL PRECIO  $p_2$  A 1**. Esto es equivalente a dividir la restricción presupuestaria por  $p_2$ .

Entonces, si por ejemplo solucionamos la primera ecuación,

$$\bar{x}_1^A + \bar{x}_1^B = x_1^{A*}(p, \bar{x}_1^A, \bar{x}_2^A) + x_1^{B*}(p, \bar{x}_1^B, \bar{x}_2^B)$$

tenemos que podemos encontrar el precio  $p$  como función de **sólo las dotaciones de cada agente**.

$$p^*(\bar{x}).$$

Y ya tenemos todo listo para encontrar el equilibrio.

## 3.2. El equilibrio walrasiano

Ahora podemos proceder a definir el equilibrio en una economía de intercambio. **El equilibrio walrasiano** será un precio tal que las demandas vacían el mercado y los agentes maximizan sus utilidades. Formalmente:

### Equilibrio walrasiano

Llamamos Equilibrio walrasiano a la razón de precios  $p^*$  tal que las demandas de cada agente  $i$  vacían el mercado de cada bien  $l$ .

$$\sum_i x_l^{i*}(p^*, \bar{x}) = \sum_i \bar{x}_l \quad \forall \quad l \in L.$$

Entonces, encontrar el equilibrio es fácil:

1. Calculamos las demandas de cada agente;
2. Sumamos las demandas de un bien a la suma de las dotaciones de ese mismo bien;
3. Despejamos el precio necesario para que se cumpla el punto anterior.
4. Por Ley de Walras, el resto del mercado también estará en equilibrio (en el caso de dos bienes).

El equilibrio se determinará por la dotación de los agentes y sus preferencias. Mientras más preferido sea un bien, mayor será el precio por ese bien. Por otro lado, mientras más escaso sea, también será más caro.

#### Ejemplo:

Supongamos que tenemos dos consumidores A y B, con las siguientes preferencias:

$$\begin{aligned} u_A(x_1^A, x_2^A) &= 2 \log x_1^A + \log x_2^A; \\ u_B(x_1^B, x_2^B) &= \log x_1^B + 2 \log x_2^B, \end{aligned}$$

y las dotaciones del agente A es  $(\bar{x}_1^A, \bar{x}_2^A) = (1, 2)$ , y del agente B  $(\bar{x}_1^B, \bar{x}_2^B) = (2, 1)$ . Notemos que, en este escenario, cada uno tiene más del bien que el otro consumidor valora. Por ejemplo, A tiene más del bien 2, que es más preferido por el consumidor B.

Solucionemos primero el consumo de A:

$$\frac{\partial L}{\partial x_1^A} = \frac{2}{x_1^A} - \lambda p = 0 \quad \frac{\partial L}{\partial x_2^A} = \frac{1}{x_2^A} - \lambda = 0$$

$$TMS_A = \frac{2x_2^A}{x_1^A} = p$$

Insertando en la restricción del agente A y despejando:

$$\begin{aligned} p\bar{x}_1^A + \bar{x}_2^A &= px_1^A + x_2^A \\ p\bar{x}_1^A + \bar{x}_2^A &= px_1^A + x_2^A \\ p\bar{x}_1^A + \bar{x}_2^A &= 2x_2^A + x_2^A \end{aligned}$$

$$p\bar{x}_1^A + \bar{x}_2^A = 3x_2^A$$

$$p\bar{x}_1^A + \bar{x}_2^A = 3x_2^A$$

$$x_2^{A*} = \frac{p\bar{x}_1^A + \bar{x}_2^A}{3}$$

$$x_1^{A*} = 2 \frac{\bar{x}_1^A + \bar{x}_2^A}{3p}$$

Notemos que podemos ver que es correcto dado que  $px_1^{A*} + x_2^{A*} = \bar{x}_1^A + \bar{x}_2^A$ , por lo que estamos gastando todo el ingreso.

Para el agente B, las demandas serán:

$$x_2^{B*} = 2 \frac{p\bar{x}_1^B + \bar{x}_2^B}{3}$$

$$x_1^{B*} = \frac{\bar{x}_1^B + \bar{x}_2^B}{3p}$$

Dado que sabemos las cuatro demandas, podemos usar la suma de las demandas de cualquier bien, digamos 1, y despejar el precio igualando con las dotaciones:

$$2 \frac{\bar{x}_1^A + \bar{x}_2^A}{3p} + \frac{\bar{x}_1^B + \bar{x}_2^B}{3p} = \bar{x}_1^A + \bar{x}_1^B$$

$$\frac{2}{p} + \frac{1}{p} = 3$$

$$p = 1.$$

Por lo que los precios para cada bien son 1. En consecuencia, reemplazando los precios y las dotaciones en las demandas, tenemos que el consumo de cada agente es

$$x_1^{A*} = 2$$

$$x_2^{A*} = 1$$

$$x_1^{B*} = 1$$

$$x_2^{B*} = 2$$

En este caso, dado que cada uno prefiere un uno más el bien que el otro tiene, entonces están dispuestos a intercambiar su unidad extra por la extra del otro. Dado que cambian uno por uno, el precio es solo de uno para cada bien.

### 3.2.1. Graficando el intercambio: la caja de Edgeworth

Uno desafío que encuentro común dentro de los estudiantes es entender a profundidad la caja de Edgeworth. Esta es una figura que ilustra las preferencias, dotaciones y asignaciones óptimas, entre otras cosas, en el intercambio entre consumidores. Antes de mostrar cómo es la caja, voy a explicar como la podemos armar desde cero. Primero, recordemos cómo veíamos el problema del consumidor de un agente. Como vemos en la figura 3.1, cada agente quiere, por separado, maximizar su utilidad.

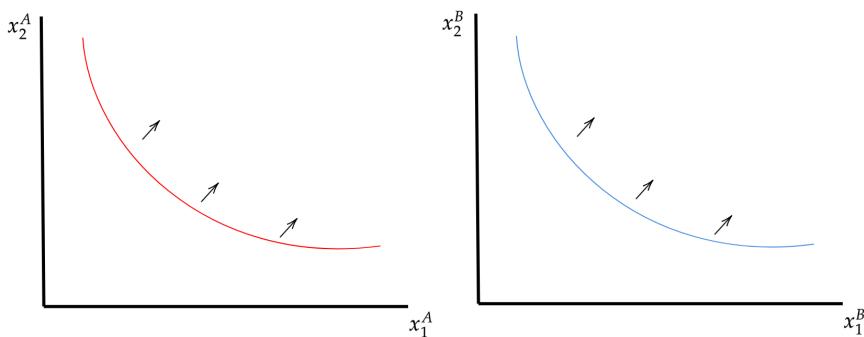


Figura 3.1: Cada agente quiere maximizar su utilidad

Sin embargo, la restricción se define en equilibrio. Y lo máximo que podría potencialmente consumir una persona está dado por la suma de las dotaciones para cada bien. Esto da múltiples desafíos en el gráfico convencional:

1. Tenemos que graficar cuánto es lo que puede consumir máximo cada uno, y esto está también definido por el otro consumidor.
2. Queremos graficar una forma de ver a ambos consumidores, y su interacción, en un mismo gráfico.

Entonces, lo razonable sería limitar el espacio del gráfico a la suma de las dotaciones, y verlos a ambos en su proceso de maximización. Invertiendo uno de los gráficos de la figura 3.1 y generando un rectángulo, tenemos la caja de Edgeworth en la derecha de la Figura 3.2.

El ancho de la caja se dará por la cantidad de dotación total del bien  $x_1$ , y el alto de la caja se dará por la suma de las dotaciones de  $x_2$ . El consumo se dará en un punto de la caja. En qué punto del lado horizontal de la caja me dirá cuánto consume del bien 1. En la base cuánto consume la persona A del bien 1, y la distancia en el techo entre el punto y la esquina superior

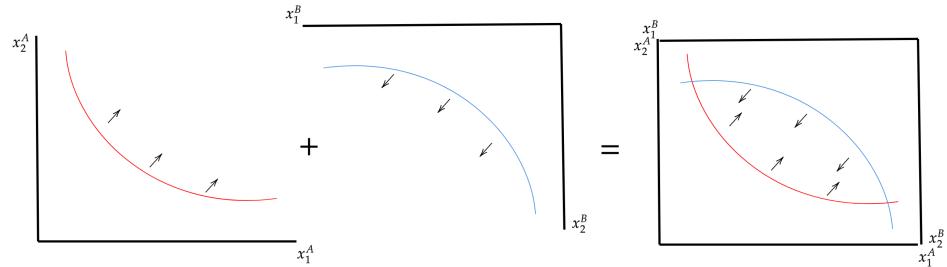


Figura 3.2: Caja de Edgeworth

derecha me dirá cuánto consume del bien 1 la persona B. Como es un punto, la suma de ambos consumos tiene que ser la dotación del bien 1. El análisis es el mismo para el consumo del bien 2, pero en los lados de la caja. La altura del punto por el lado izquierdo de la caja dirá el consumo del bien 2 de la persona A. y la distancia entre el punto superior derecho y la altura del punto será el consumo de la persona B del bien 2. La recta que justa entre ambas restricciones presupuestarias, con la misma pendiente que ellas, será la restricción presupuestaria. Esto debido a que ambos agentes consumen hasta que su curva de indiferencia sea tangente con el precio  $p$ .

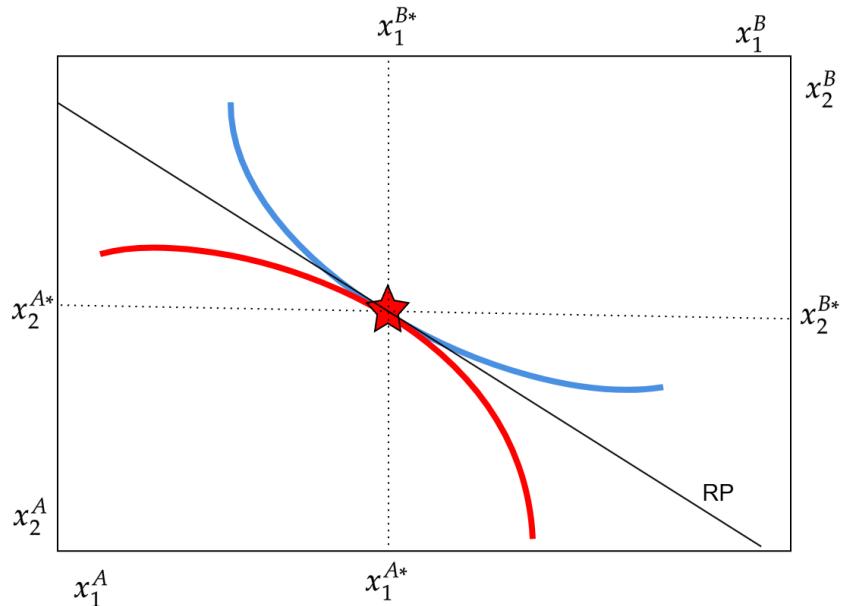


Figura 3.3: Equilibrio walrasiano en la caja de Edgeworth

Finalmente, notemos que el equilibrio se da en un punto muy particular: dado que ambos están maximizando, hay una tangencia entre ambos

consumidores.

$$TMS_A = TMS_B = p.$$

Esto, veremos ahora, ¡¡¡¡¡será parte de un resultado espectacular!!!!

### 3.3. Eficiencia de Pareto

Hasta ahora hemos visto el problema desde el problema del consumidor en primera persona. Ahora nos haremos una pregunta crucial, pero desde otro punto de vista. Llamémosle un ente superior que vela por el bienestar de los agentes, pero que sólo le importa que no se pierda utilidad. Sin embargo, no se puede pronunciar sobre **cuánta** utilidad se lleva cada consumidor. Este es el problema de Eficiencia de Pareto.

Este problema es tan importante, y tan crucial para el resto de Economía, que llamé a mi hurón de mascota: Pareto.



Figura 3.4: Pareto

El problema formal es el siguiente: maximizar la utilidad de un consumidor, dejando la utilidad del otro agente al máximo o constante, y obviamente, usando las dotaciones totales de la economía. Es decir, **nos importa sólo encontrar los puntos tales que la utilidad de un agente no puede aumentar más, sin afectar negativamente la del otro.** Esto es fundamental, Eficiencia sólo se pregunta por los puntos donde la forma de aumentar la utilidad de un agente viene con el coste de reducir la utilidad del otro.

Quiero recalcar nuevamente que el tomador de decisiones en este caso no son los agentes, es un ente superior que tiene control total sobre los recursos

de la economía. Él ve las dotaciones totales de la economía, las preferencias de cada uno, y él decide cómo repartir los bienes. Los asigna, no da un precio.

#### Problema de Eficiencia de Pareto en Intercambio

Definimos el problema de Eficiencia como:

$$(x_1^{A*}, x_2^{A*}, x_1^{B*}, x_2^{B*}) \in \arg \max_x u_i(x_1^i, x_2^i)$$

sujeto a la disponibilidad de bienes:  $\bar{x}_1 = x_1^A + x_1^B$ ;  $\bar{x}_2 = x_2^A + x_2^B$ ,

y a dejar, por lo menos, constante la utilidad del otro agente:

$$u_j(x_1^j, x_2^j) \geq \bar{u}_j,$$

Para cualquier agente  $i, j \in \{A, B\}$

Por ahora, vamos a ignorar esta aproximación para ilustrar en mayor profundidad la intuición de nuestra pregunta.

#### 3.3.1. El problema de Eficiencia pensando en sólo utilidad

Otra forma de ver el problema es asignar utilidad directamente a cada agente, de esta forma, los puntos eficientes serán todos los que describan la frontera de posibilidades de utilidad, siempre y cuando, esta frontera tenga una pendiente **negativa**. Podemos verlo en la figura 3.5. Todos los puntos en la frontera son eficientes porque, para darle más utilidad a un agente, debemos quitarle a otro. Si estamos en la zona amarilla, el agente puede aumentar la utilidad de ambos agentes, sin afectar negativamente la del otro.

#### Mejora Paretiana y Eficiencia

Llamaremos Mejora Paretiana a cualquier asignación  $x'$  tal que  $u_i(x') \geq u_i(x)$  y  $u_j(x') \geq u_j(x)$ . Las asignaciones donde **no** hayan mejoras paretianas, serán asignaciones eficientes.

Usualmente estudiantes suelen equivocarse en que la frontera de toda posibilidad de utilidad es eficiente, sin embargo, esto no es cierto. Sólo será en puntos donde, usualmente, la curva tenga pendiente negativa (ilustrando el trade-off de utilidad). Para ilustrar esto: si la frontera de posibilidades no tuviera pendiente negativa y fuera, por ejemplo, un cuadrado. Entonces Toda la frontera del cuadrado no será eficiente, a excepción de la esquina, debido a que en cualquier lado del cuadrado puede subir la utilidad de un agente sin afectar negativamente la del otro. **Warning:** si la frontera es muy rara, puede que esto no se cumpla. Pero creo que no vale la pena ponerse en

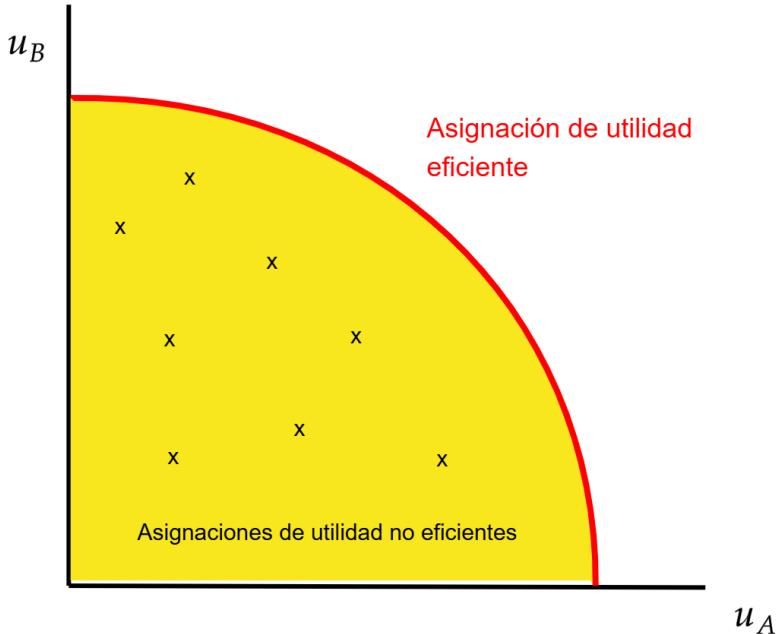


Figura 3.5: Asignaciones de utilidad eficientes

esos casos por ahora.

### 3.3.2. Solucionando Eficiencia en Intercambio

Dado que entendemos lo que queremos conseguir, ahora vamos a volver al problema de Eficiencia asignando los bienes a consumir. Asumiremos, por ahora, funciones de utilidad cuasi cóncavas y doblemente diferenciable. Después mostraré otros casos interesantes. De esta forma, podemos solucionar el problema a través del uso del siguiente lagrangeano.

Consideremos el problema planteado anteriormente para la economía con dos agentes  $i, j \in A, B$  y dos bienes  $k \in 1, 2$ :

$$\max_{x_1^i, x_2^i, x_1^j, x_2^j} u_i(x_1^i, x_2^i) \text{ sujeto a: } u_j(x_1^j, x_2^j) \geq \bar{u}_j, x_1^A + x_2^B \leq \bar{x}_1, x_2^A + x_1^B \leq \bar{x}_2.$$

Para resolver este problema, formamos el lagrangeano:

$$\mathcal{L} = u_i(x_1^i, x_2^i) + \lambda \left( u_j(x_1^j, x_2^j) - \bar{u}_j \right) + \mu_1 (\bar{x}_1 - x_1^A - x_2^B) + \mu_2 (\bar{x}_2 - x_2^A - x_1^B)$$

donde  $\lambda, \mu_1, \mu_2$  son multiplicadores de Lagrange asociados a las restricciones del problema.

Las condiciones de primer orden necesarias son:

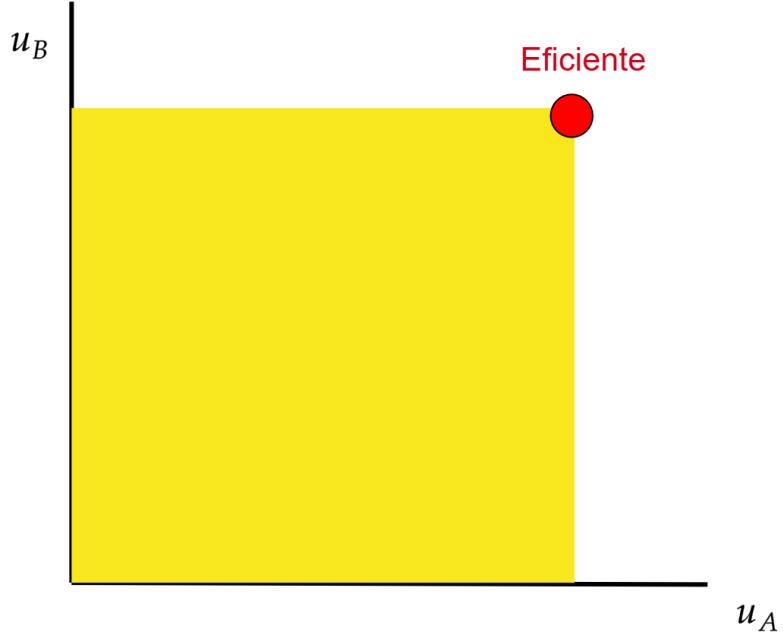


Figura 3.6: Eficiencia en un caso particular

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_k^i} = \frac{\partial u_i}{\partial x_k^i} - \mu_k = 0, \quad k \in 1, 2, \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_k^j} = \lambda \frac{\partial u_j}{\partial x_k^j} - \mu_k = 0, \quad k \in 1, 2, \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = u_j(x_1^j, x_2^j) - \bar{u}_j = 0, \quad (3.3)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu_k} = \bar{x}_k - x_k^A - x_k^B = 0, \quad k \in 1, 2. \quad (3.4)$$

De las condiciones anteriores obtenemos las siguientes igualdades que caracterizan la eficiencia en el sentido de Pareto:

$$\frac{\frac{\partial u_i / \partial x_1^i}{\partial u_i / \partial x_2^i}}{\frac{\partial u_j / \partial x_1^j}{\partial u_j / \partial x_2^j}} = 1. \quad (3.5)$$

$$TMS_A = TMS_B \quad (3.6)$$

Esta última condición establece que, en el óptimo de Pareto, las tasas marginales de sustitución entre ambos bienes deben igualarse entre los dos agentes,

reflejando que no es posible reasignar bienes para mejorar la utilidad de un agente sin perjudicar la del otro.

Tenemos nuestra solución, notemos que se parece a la condición de primer orden de un problema de intercambio clásico. Más de esto en un rato. Por ahora, sólo observemos que estaremos en un punto eficiente siempre y cuando las pendientes de cada curva de indiferencia estén igualadas. Si fueran distintas, significa que un agente podría recibir más utilidad de un bien 1 que lo que recibe por el bien 2. El otro agente enfrenta lo mismo pero queriendo una unidad del bien 2. Dado esto, ellos están dispuestos a intercambiar estos bienes y ambos quedar más felices. Llamaremos **curva de contrato**, a todos los puntos eficientes.

### Curva de Contrato

Definimos como curva de contrato a todos los puntos de la Caja de Edgeworth donde se soluciona el problema de eficiencia paretiana.

Gráficamente, esto se verá como todos las asignaciones de bienes posibles donde una curva de indiferencia topa con la otra en un punto donde ambas tienen la misma pendiente. Esto se puede apreciar en la Figura 3.7.

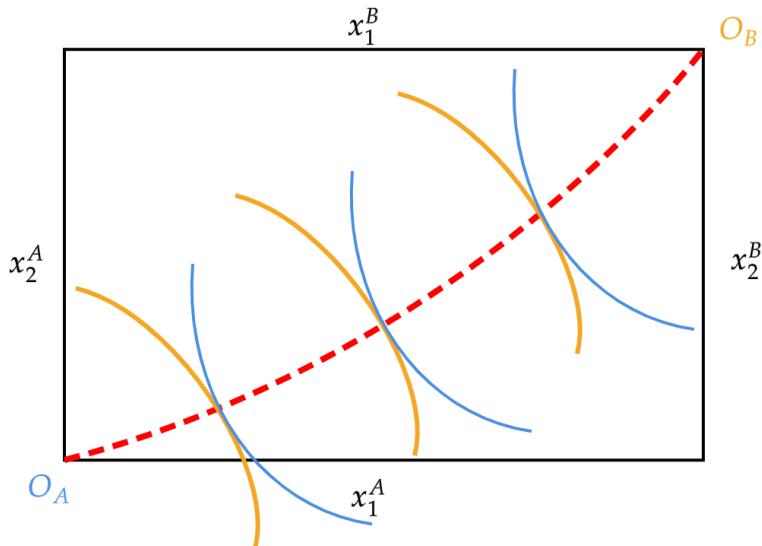


Figura 3.7: Curva de Contrato

Notemos porqué una asignación fuera de la curva de contrato permitirá que uno, o ambos, de los consumidores pueda mejorar su utilidad sin afectar negativamente la del otro. Ubiquémonos en cualquier punto fuera de la curva de contrato y veamos que hay un espacio formado entre ambas curvas de indiferencia donde, si nos movemos a cualquier punto dentro de ese espacio,

uno o ambos agentes están estrictamente mejor. Por lo tanto, si estamos fuera de la curva de contrato, toda el área entre ambas curvas de indiferencia que pasan por ese punto son **mejoras paretianas**. Justamente en la curva de contrato **no** se generará esta área, por lo que no habrán mejoras paretianas. Este proceso lo pueden ver en la Figura 3.8:

- En la primera parte, el punto  $x$  representa una asignación no eficiente porque está fuera de la curva de contrato. Cualquier punto dentro de el espacio generado entre ambas curvas de indiferencia son mejoras paretianas.
- Al moverse de  $x$  a un punto eficiente  $x'$ , notemos que la utilidad de ambos agentes aumenta.
- Si nos hubiéramos movido a otro punto dentro del área pero no de la curva de contrato, fuimos a una mejora paretiana que sigue teniendo mejoras paretianas, por lo que tendríamos que iterar hasta la asignación eficiente,

### 3.4. El momento más hermoso de sus vidas: primer teorema del bienestar

Este resultado es lo mejor del universo. Notemos que la solución, en el caso anterior, se vio dada entonces por  $TMS_A = TMS_B$ . Y en intercambio, vimos que pasaba lo mismo, dado que ambos agentes compraban hasta  $TMS_A = p$  y  $TMS_B = p$ , entonces  $TMS_A = TMS_B$ . ¡¡¡Y también encontramos esto en eficiencia!!! Así, llegamos a lo que llamamos el **Primer Teorema del Bienestar**, que nos indica que en un mundo **sin externalidades**, todo equilibrio walrasiano es además eficiente. Esto es, todo  $p^*$  que forme un equilibrio walrasiano mapeará a una asignación de consumo eficiente, donde un agente no puede mejorar sin empeorar al otro.

### 3.5. El segundo teorema del bienestar

### 3.6. Sobre este capítulo

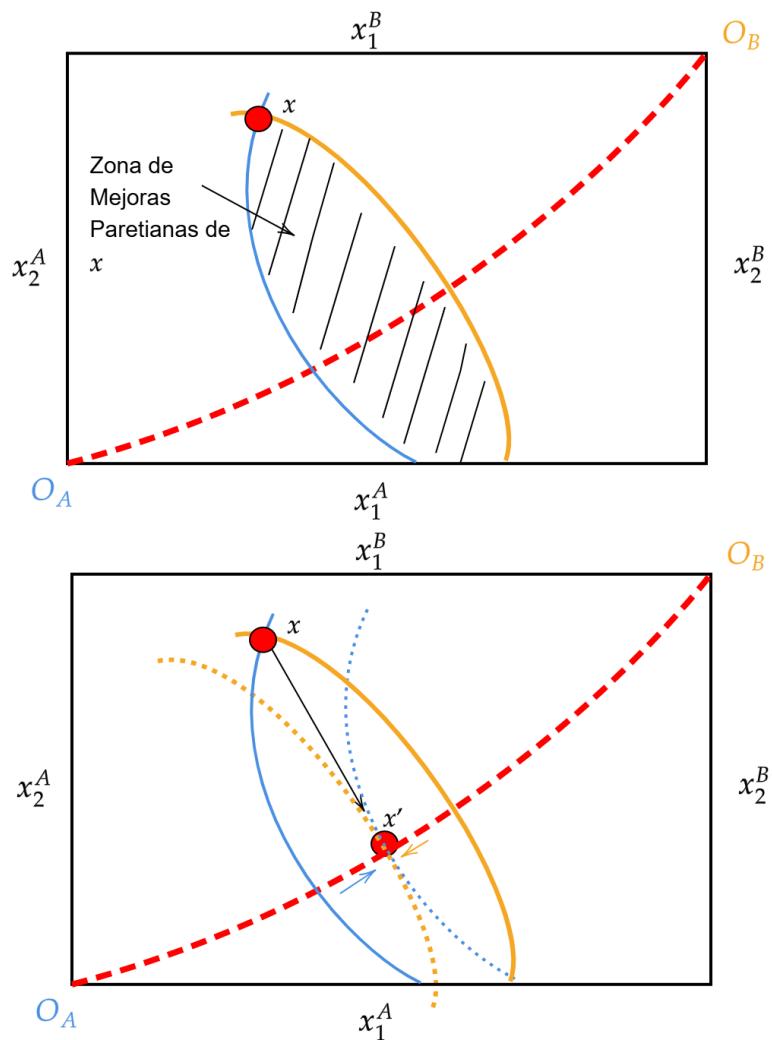


Figura 3.8: Eficiencia y Mejoras Paretianas



Figura 3.9: Pareto y Violeta < 3

## Capítulo 4

# Teoría de la Firma



## Capítulo 5

# Fallas de Mercado



## Capítulo 6

# Incertidumbre



## Capítulo 7

# Teoría de Juegos: Juegos estáticos con información completa



## Capítulo 8

# Teoría de Juegos: Juegos dinámicos con información completa



## Capítulo 9

# Teoría de Juegos: información asimétrica



# Capítulo 10

## Teoría de Contratos



## Capítulo 11

### Selección