

# CAPÍTULO I: LA LÚCUMA

## 1.1. Importancia y usos

### 1.1.1. Origen

El lúcumo es un frutal nativo de los valles interandinos del Perú, Ecuador y Chile. Según cronistas e historiadores, el uso de la lúcuma proviene de épocas anteriores al incanato, habiéndose encontrado representaciones del fruto de lúcumo en huacos y tejidos en las tumbas de las culturas preincas (ver figura 1.1). La lúcuma se consumía hace ya dos mil años, remontándose su origen a la cultura Nazca. También se evidencia en imágenes de huacos de la cultura Mochica, la misma que se desarrolló en la Costa Norte del Perú <sup>[13,14]</sup>. Esto corrobora un aprovechamiento ancestral como parte de la dieta alimenticia en esas y otras poblaciones que se asentaron en localidades de la costa y sierra del Perú. La lúcuma es una fruta originaria de nuestro país que por su calidad y tradición histórica puede tener mayores perspectivas en el mercado internacional.



Figura 1.1. Cerámicas preincas representando frutas de lúcuma con forma esférica y cónica.

### 1.1.2. Importancia

En estos últimos años la lúcuma ha generado expectativas en los inversionistas, como consecuencia de la creciente demanda de empresas en el exterior; dedicadas al comercio de productos naturales y exóticos. Por otra parte, la tendencia del mercado mundial de productos industrializados, se orienta a alimentos funcionales que presenten propiedades antioxidantes y anti-cancerígenas. Algunas investigaciones de mercado y pruebas de sabor dan cuenta de la creciente aceptación de la lúcuma en exigentes mercados como el europeo, norteamericano y asiático (Japón); en los que su agradable sabor, aroma exótico y suave textura, le otorgan diversas posibilidades

para su utilización. Es por ello que la lúcuma se presenta como una buena alternativa para el consumidor moderno, en sus diversas presentaciones <sup>[1,12]</sup>.

### 1.1.3. Composición química y valor nutricional de la lúcuma

La lúcuma es una de las frutas que contiene los más altos niveles de proteínas, fluctuando en un rango de 1.5-2.4 g por cada 100 g de muestra, sólo siendo superado por la palta (4.2 g), plátano verde (4 g), coco (3.2 g) y maracuyá (2.8 g). Además, la lúcuma presenta un nivel de carbohidratos significativamente alto. (25 g). Los azúcares presentes en la pulpa son glucosa, fructosa, sacarosa e inositol. Es importante señalar que la fruta verde solamente presenta sacarosa; y a medida que avanza el estado de maduración se incrementa la glucosa, fructosa e inositol. En 100g de pulpa madura existen 8.4 g de glucosa, 4.7 g de fructosa, 1.7 g de sacarosa y 0.06 g de inositol.

En cuanto a las vitaminas, presenta niveles significativos de niacina con 1.96 mg /100 g de muestra. Se dice incluso que la lúcuma es una fruta medicinal contra la depresión, por su alto contenido de vitaminas B1, y otras como la tiamina y la niacina <sup>[1]</sup>. También es importante destacar que la lúcuma contiene minerales como calcio, fósforo y hierro. Con respecto a los pigmentos, esta fruta se caracteriza por presentar en la pulpa un significativo contenido de pigmentos de beta-caroteno (350 µg/ 100 g). Se sabe que este pigmento funciona como un antioxidante.

Cuadro 1.1. Composición química de 100 g de pulpa fresca de lúcuma

	<b>Componente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Componente	Agua	g	72.30
	Valor Energético	Cal	99.00
	Proteínas	g	1.50
	Fibra	g	1.30
	Carbohidratos	g	25.00
	Lípidos	g	0.50
Minerales	Cenizas	g	0.70
	Calcio	mg	16.00
	Fósforo	mg	26.00
	Fierro	mg	0.40
Vitaminas	Caroteno	mg	2.30
	Tiamina	mg	0.01
	Niacina	mg	1.96
	Ácido ascórbico	mg	2.20
	Riboflavina	mg	0.14

Fuente: Villanueva <sup>[1]</sup>, Programa Chalaco <sup>[11]</sup>.

#### 1.1.4. Usos

Tradicionalmente la lúcuma es empleada en el Perú tanto para consumo fresco como industrial, en cuyo caso es comúnmente convertida en pulpa o harina. La mayor demanda nacional proviene del sector de helados, que la requiere en forma de harina y pulpa. En los últimos años, tanto la fruta fresca como la industrializada, se está utilizando también en la elaboración de mermeladas, yogures, pastas, papillas, batido de leche, tortas, torta de lúcuma, ravioles, bombones, pudines, galletas, licor de lúcuma, pastas, comidas y conservas.

### 1.2. Aspectos botánicos y morfológicos

#### 1.2.1. Ubicación taxonómica <sup>[14]</sup>

Nombre común	: Lúcuma “Lucma”
Nombre científico	: <i>Pouteria lucuma</i> R&L
Orden	: Ebanales
Familia	: Sapotaceae
Género	: Pouteria
Especie	: Lucuma

#### 1.2.2. Características de la planta

Es un frutal semi-caducifolio de amplia adaptabilidad, que se encuentra desde el nivel del mar hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar. Se trata de un árbol que alcanza 15 a 20 m de altura, 1.5 m de diámetro en la base y con diámetro de copa de 6 a 10 m. El lúcumo es un frutal de follaje siempre verde, muy vigoroso, de gran longevidad. Se desarrolla en climas tropicales y subtropicales; tolera lluvias temporales, mas no precipitaciones constantes. Su hábitat natural es la sierra baja. El rango de temperatura donde se desarrolla comprende de 8 a 27 °C y humedad de 80% a 90%, siendo el rango óptimo de 14 a 24 °C. Se adapta a climas fríos constantes pero no tolera fuertes heladas, pudiendo morir con temperaturas menores de 5 °C.

Este frutal se puede adaptar fácilmente a diferentes clases de suelos, pero responde muy bien a la oxigenación radical que otorgan los suelos franco-arenosos. Se adapta muy bien a suelos arenosos y rocosos, de buen drenaje; tolera suelos moderadamente salinos y calcáreos, pero prefiere los suelos aluviales profundos con abundante materia orgánica. La reactividad del suelo donde responde bien el lúcumo fluctúa en un pH de 6 a 7. Se puede concluir certeramente que en el Perú se encuentra la mayor variabilidad genética de la lúcuma, estimándose en más de un centenar de biotipos peruanos, siendo esta producción la de mejor calidad y mayor productividad.

El fruto es una baya esférica, cónica, ovoide o comprimida basalmente, de 4 a 17 cm de diámetro, con exocarpio o cáscara delgada de color verde o amarillo bronceado,

generalmente rodeada de una coloración plateada en la parte apical. El endocarpio que envuelve a la semilla es delgado y marrón claro. El mesocarpio generalmente es de sabor y aroma muy agradable, color amarillo o anaranjado intenso y textura harinosa. A las frutas de consistencia suave se les llama “lúcuma de seda o suave” y a las de consistencia dura “lúcuma de palo o dura” <sup>[1,12]</sup>.

### 1.2.2.1. Cosecha

En el Perú el lúcumo se puede encontrar floreciendo durante todo el año, pero presenta su mayor floración o “pico floral” en las siguientes épocas:

\*En costa:

Abril-Septiembre.

\*En sierra:

Abril-Octubre.

En la zona de Quillota de Chile, la mayor floración se da de diciembre a mayo.

En el Perú los volúmenes de cosecha más significativos en la región costa se dan desde octubre hasta abril, y en la sierra, de diciembre a mayo. En Chile generalmente la cosecha se realiza desde abril a diciembre, tal como se aprecia en el cuadro 1.2.

Cuadro 1.2. Meses de cosecha de lúcuma

Zona	Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PERÚ	Costa												
	Lima (Huaura, Lurín)												
	Sierra												
	Ayacucho (Huanta)												
	Piura (Chalaco)												
CHILE													

Elaboración propia: con datos de Villanueva <sup>[1]</sup> y Programa Chalaco <sup>[11]</sup>.

Se puede concluir que cuando Chile se encuentra en época de cosecha, el Perú se encuentra en floración y viceversa. En cuanto al Perú, entre la sierra y la costa, se puede establecer que la cosecha de la costa empieza y termina antes que la de la sierra.

Además del ciclo natural del frutal, existen otros indicadores que nos permiten determinar el momento de cosecha. Los más empleados son:

- Color de cáscara: El cambio de color de la cáscara o epicarpio, de verde a amarillo o verde amarillento (figura 1.2), sin embargo no todas las frutas muestran cambio de color.
- Firmeza: Este índice se evalúa al presionar la fruta con los dedos, o con el empleo de probadores de firmeza.
- Facilidad de desprendimiento del fruto del punto de inserción al pedúnculo.

De no seguir con estos indicadores se pueden presentar los siguientes problemas:

- El fruto se deja madurar totalmente en el árbol, cae y se daña.
- El empleo de frutas verdes o sobre-maduras; estas últimas influyen en el color, que se torna marrón oscuro por acción enzimática, y el sabor que se torna un poco rancio. Si la fruta se cosecha antes de tiempo, no llega a madurar, se arruga y toma un sabor desagradable. Si se le procesa verde no brinda mayor color, sabor ni olor y tiene un sabor astringente.



Figura 1.2. “Lúcuma de palo”, cambio de coloración del epicarpio

Tecnología de cosecha:

La cosecha a mano se dificulta cuando el árbol tiene gran altura, de ahí la importancia de controlar con la poda, la altura de la copa de los árboles. Cuando el árbol es muy grande, se recomienda subir a él y arrojar los frutos a los costales o costalillos sostenidos por dos personas, o mejor aún, subir con canastas o bolsas para la fruta. El empleo de ganchos en el extremo de palos puede dañar la fruta si es que no se sabe usarlos. Los golpes y magulladuras

originan maduraciones defectuosas en el fruto y el consiguiente ataque de hongos. También es recomendable el uso de tijeras telescópicas con canastilla.

#### **1.2.2.2. Postcosecha**

No están muy difundidas prácticas especiales de post-cosecha para lúcuma; no obstante, de manera general se sugiere mantener la fruta cosechada en la sombra (para evitar la formación de manchas y escaldaduras en la cáscara) y utilizar embalajes de 6 a 8 kg como máximo. Una vez cosechada, el tiempo final de maduración puede reducirse si se almacena en un local cerrado y se cubre la fruta con costales o papeles.

La fruta puede ser conservada sin deterioros de 2 a 3 semanas, si se almacena a temperaturas entre 15 y 18 °C; las temperaturas por debajo de este rango afectan su

calidad. En madurez de consumo la fruta puede ser refrigerada de 3 a 4 días sin afectar las características organolépticas.

### 1.2.3. Estructura del fruto

Cuadro 1.3. Componentes de la lúcuma

Componente	%
Pulpa (mesocarpio)	64 a 82
Cáscara (epicarpio)	7 a 17
Hollejo (endocarpio)	2 a 3
Semilla	8 a 15

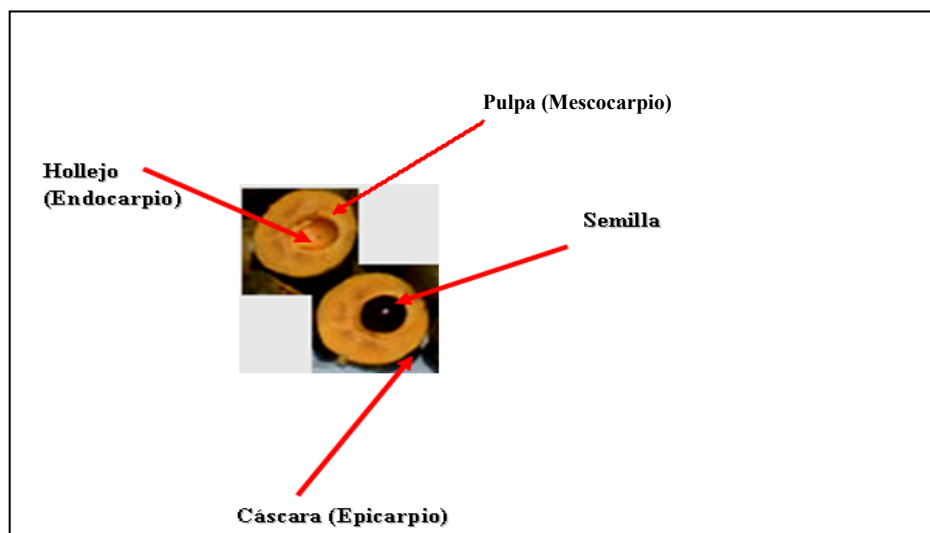


Figura 1.3. Partes de la lúcuma [6].

## 1.3. Mercado de la lúcuma

### 1.3.1. Oferta

#### 1.3.1.1. Características de la oferta

La producción nacional de lúcuma no ha tenido un gran desarrollo ni tecnificación. En las dos últimas décadas, la producción de lúcuma se ha incrementado notoriamente, como consecuencia del incremento de áreas cultivadas y la elevación del rendimiento. Pero ello aún puede y debe mejorar, especialmente con trabajos de mejoramiento de los biotipos identificados en Perú y las selecciones de lúcumos en Chile.

### 1.3.1.2. Producción

Los principales países productores de lúcuma en orden de importancia son Perú, Chile y Ecuador. Se están realizando trabajos de investigación en Chile, Brasil, España, Hawai, y Nueva Zelanda para desarrollar tecnología productiva del lúcumo.

En el Perú (1999), según el Ministerio de Agricultura, existían unas 600 ha sembradas de lúcuma. Esta cifra difiere con las proyecciones de la Asociación de Productores de Lúcuma (Prolúcuma) quienes estimaban que las hectáreas sembradas podían llegar a 1000. Esta diferencia se debe a que la siembra de lúcuma en la sierra del Perú no está tecnificada, es decir, los agricultores tienen árboles silvestres de lúcuma dispersos en sus chacras a diferencia de la costa en donde sí hay huertos o áreas debidamente sembradas. Es por esto que los árboles de lúcuma de la sierra no entran en las estadísticas oficiales del Ministerio de Agricultura. Según Prolúcuma, en el periodo 1998-1999 se han sembrado nuevos árboles de lúcuma en el Perú y se estima que para el año 2010 se llegue a las 10000 ha de árboles adultos.

En el departamento de Piura las estadísticas oficiales del Ministerio de Agricultura señalan que en 1999 habían 35 ha sembradas de lúcuma. Sin embargo, un estudio realizado en el año 2001 por el Proyecto “Recuperación y Prevención ante Catástrofes Naturales” ejecutado por GTZ/CTAR Piura determinó que los cultivos silvestres en la sierra de Piura ascendían a 134 ha con una producción de 1188 t (8.86 t/ha) de fruta. Estas diferencias no se explican por la siembra de nuevos árboles sino por la misma razón mencionada en párrafos anteriores, es decir, porque el Ministerio de Agricultura no tiene estadísticas actualizadas de los sembríos de lúcuma en las zonas de sierra, donde crecen como árboles silvestres.

En el año 2002 se estima que la producción nacional de lúcuma fue de 16000 t, suponiendo un rendimiento de 8 t/ha. Sin embargo, Prolúcuma estima que en el 2010 el rendimiento por hectárea, con el manejo tecnificado de las plantaciones, llegue hasta 10 y 15 t.

El departamento de Lima es el de mayor área cosechada con 44%, seguido de Ayacucho (11%), Cajamarca (10%), La Libertad (9%), y otros (Ancash, Moquegua y Piura) con 26%. En cuanto al volumen de producción nacional de lúcuma, Lima tiene la mayor participación (60%), le siguen Ayacucho (9%), La Libertad (7%) y Cajamarca (6%) que en conjunto aportan el 82% de la producción nacional <sup>[1]</sup>. Dentro del departamento de Lima las zonas donde se produce la lúcuma son principalmente Huaral seguido de Cañete, Huacho y Chancay; en cambio, en lo que Ayacucho se refiere la producción proviene principalmente de la provincia de Huanta<sup>[14,23,25]</sup>.

La producción nacional de Chile hasta el año 1987 fue de 540 t (156 ha), mientras que en el año 2001 la producción se ha incrementado en sólo 10% (594 t). En la actualidad el área cultivada de lúcumo no ha sufrido variaciones de importancia en Chile (171 ha). En los cuadros 1.4 y 1.5 se muestran los datos de hectáreas sembradas y producción de fruta, tanto a nivel nacional como departamental (Piura).

Cuadro 1.4. Producción nacional de lúcuma en el Perú

	1997	1998	2000	2001	2002
Hectáreas (ha)	376	396	600	1000	2000
Producción (t)	3010	2614	n.d.	n.d.	16000
Rendimiento (t/ha)	8	6.6	n.d.	n.d.	8

Fuente: Programa Chalaco <sup>[11]</sup>.

Cuadro 1.5. Producción de lúcuma en el departamento de Piura

	1995	1996	1997	1998	1999	2001
Hectáreas (ha)	18	20	40	22	35	169
Producción (t)	120	100	245	85	110	1498
Rendimiento (t/ha)	6.7	5.0	6.1	3.9	3.1	8.86

Fuente: Programa Chalaco <sup>[11]</sup>.

### 1.3.2. Demanda

#### 1.3.2.1. A nivel nacional

La demanda nacional de lúcuma (fruta) está conformada por la que es comercializada en fresco y la que es procesada en el país como harina, pulpa y pasta. Una parte de estos productos son para la industria nacional, y otra parte es exportada. Se tiene un potencial anual de 16 mil toneladas de fruta, de las cuales 1500 t se consumen en forma de harina de lúcuma. La lúcuma, a nivel nacional, se usa básicamente en la fabricación de helados <sup>[1,14,12]</sup>.

#### 1.3.2.2. A nivel internacional

Con respecto a la fruta fresca, el primer lote se embarcó con destino a España el 21 de enero de 1997, y a partir de esta fecha, los mercados europeo y norteamericano están aumentando su demanda, como consecuencia de la tendencia creciente del consumo de frutas exóticas. Se exportan anualmente aproximadamente 100 t de fruta en forma de harina, pulpa y pasta de lúcuma. Pero como fruta sólo se ha llegado como máximo a 18 t. En el gráfico 1.1 se muestran las exportaciones de lúcuma en los últimos años.

### 1.3.3. Precios

#### 1.3.3.1. A nivel nacional

En el Perú, la forma empírica de comercialización vigente considera cinco categorías: extra, primera, segunda, tercera y cuarta. En el cuadro 1.6 se especifican los precios según sus respectivos lugares de origen y su temporada de cosecha.

#### 1.3.3.2. A nivel internacional

En el gráfico 1.2 se presentan algunos valores promedio de precios de exportación de lúcuma fresca, por país de destino, durante los últimos 8 años.



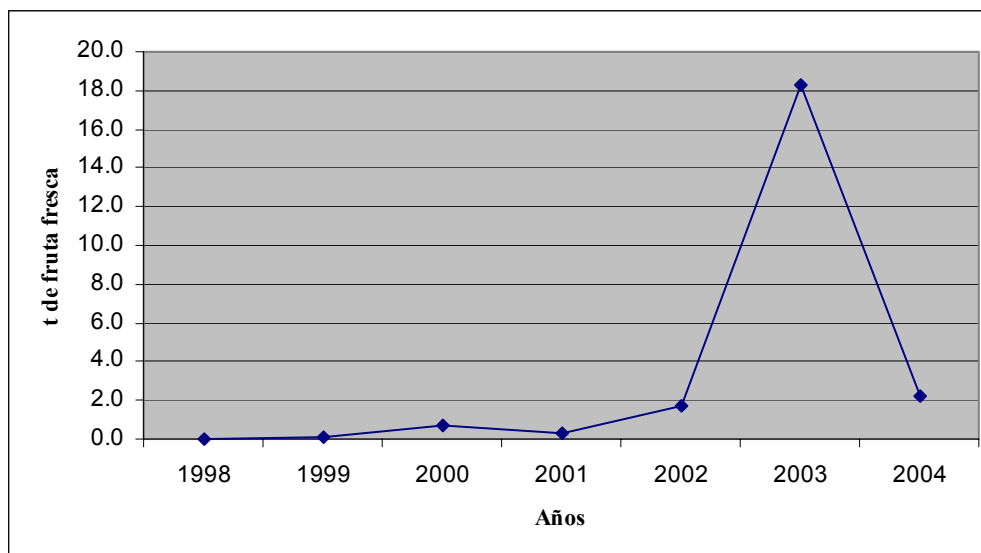


Gráfico 1.1. Exportaciones de lúcuma entre 1998 y 2004  
Elaboración propia: con datos de Sunat <sup>[28]</sup>.

Cuadro 1.6. Precios de lúcuma fresca a nivel nacional (2000-2005)

Procedencia	Meses	Categorías	Diámetro (mm)	Peso unitario (g)	Precio (S/kg)
Lima Venta en el mercado de la capital de la provincia Lima		Extra	$\varnothing \geq 90$	Mayor a 243	6.00
		Primera	$82 \leq \varnothing \leq 89$	221-242	5.00
		Segunda	$74 \leq \varnothing \leq 81$	200-220	4.00
		Tercera	$68 \leq \varnothing \leq 73$	184-199	3.00
		Cuarta	$65 \leq \varnothing \leq 67$	176-187	2.00
Ayacucho Venta en el mercado de la capital de la provincia Ayacucho	Dic- Ene-Feb	Todas			1.60
	Mar- Abr- May	Todas			2.40
Morropón-Huancabamba- Ayabaca Venta en el mercado de la capital de la provincia de Piura	Dic- Ene-Feb	Todas			3.00
	Mar- Abr- May	Todas			5.00
Chalaco (Morropón) Venta en el distrito de Chalaco	Dic-Abr	Todas			0.50

Elaboración propia: con datos de Villanueva <sup>[1]</sup>, Programa Chalaco <sup>[11]</sup> y productores de lúcuma <sup>[14.]</sup>

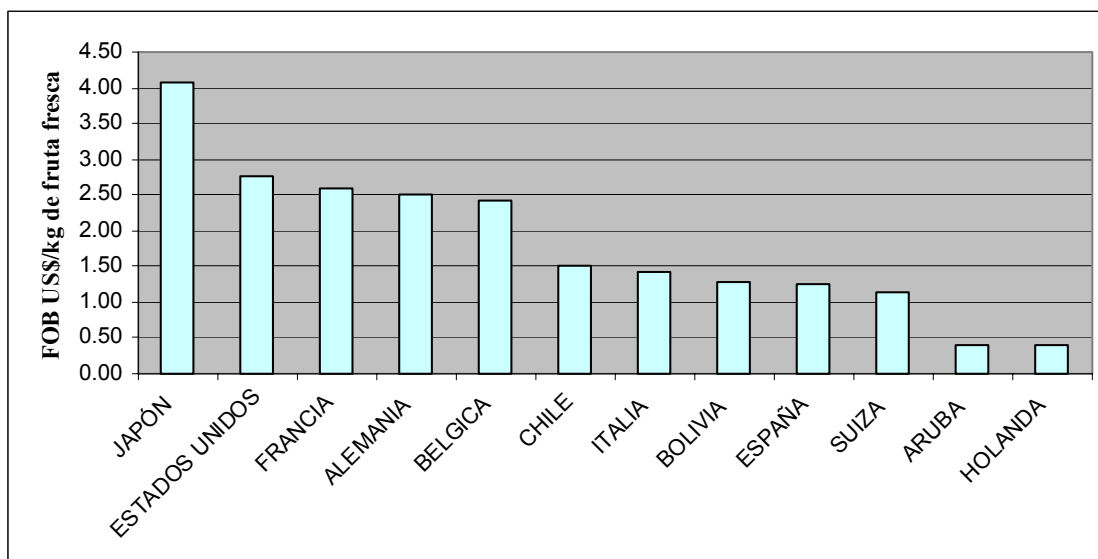


Gráfico 1.2. Mejores precios en promedio por país de destino.  
Elaboración propia: con datos de Sunat <sup>[28]</sup>.

## 1.4. Fundamentos del secado

### 1.4.1. Secado con aire caliente <sup>[20,21]</sup>

Consiste en la eliminación por evaporación de casi toda el agua presente en los alimentos, mediante la aplicación de calor bajo condiciones controladas. La deshidratación de alimentos determina una reducción del peso y, normalmente también, del volumen, por unidad de valor alimenticio, e incrementa la vida útil de los productos desecados en comparación de los correspondientes alimentos frescos.

En la presente tesis se va a trabajar con la desecación con aire caliente para el secado final, donde el alimento se pone en contacto con una corriente de aire caliente. El calor se aporta al producto principalmente por convección.

Al desecar un sólido con aire caliente, el aire aporta el calor sensible y el calor latente de evaporación de la humedad y también actúa como gas portador para eliminar el vapor de agua que se forma en la vecindad de la superficie de evaporación. El sólido húmedo se deseca en una corriente de aire caliente que fluye paralelamente a la superficie de desecación. Suponiendo una temperatura y humedad constantes del aire sobre la superficie de desecación durante todo el ciclo de desecación y que todo el calor necesario es aportado al producto por convección. Si el cambio del contenido en humedad del producto se registra durante todo el proceso de desecación, los datos pueden representarse en forma de curvas (figura 1.4). El estudio de tales curvas muestra que el ciclo de desecación puede considerarse constituido por diversas fases o etapas.

**Fase A-B.** En esta fase o período de “estabilización” las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de desecación. Con frecuencia esta fase constituye una proporción despreciable del ciclo total de desecación.

**Fase B-C.** Esta fase de desecación se conoce como período de velocidad constante y durante el mismo la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el interior del sólido a la superficie ocurre a la misma velocidad que la de evaporación en la superficie. La desecación tiene lugar por movimiento del vapor de agua desde la superficie saturada, a través de una delgada capa de aire estático, hasta la corriente principal de aire de desecación. Durante esta fase la velocidad de desecación es dependiente de la velocidad de transferencia de calor a la superficie de desecación. La velocidad de transferencia de masa se equilibra con la velocidad de transferencia de calor de forma que la temperatura de la superficie se mantiene constante.

La “fuerza motriz” que determina el movimiento del vapor a través de la capa delgada del aire estático es el gradiente en la presión del vapor de agua entre la superficie de desecación y la corriente principal del aire de desecación. Los factores que controlan la velocidad durante el período de velocidad constante son por tanto: el área de la superficie de desecación, la diferencia en temperatura o humedad entre el aire y la superficie de desecación y los coeficientes de transferencia de calor o masa.

**Fase C-E.** Al avanzar la desecación se alcanza un punto en el que la velocidad de movimiento de la humedad desde el interior del producto hasta la superficie se reduce en grado tal que la superficie empieza a secarse. En dicho punto, C, la velocidad de desecación comienza a descender, iniciándose el período de velocidad decreciente. El contenido en humedad del producto en el punto C se denomina contenido crítico de humedad. A partir del punto C la temperatura de la superficie comienza a elevarse, elevación que persiste durante la desecación. Frecuentemente el período de velocidad decreciente consta de dos partes conocidas como primer y segundo períodos de velocidad decreciente, C-D y D-E respectivamente. En el primer período de velocidad decreciente la superficie se seca y disminuye la velocidad de desecación. Al alcanzarse el punto D el plano de evaporación se desplaza penetrando hacia el interior del sólido y la velocidad de desecación decae aún más. En los períodos de velocidad decreciente la velocidad de desecación está influenciada principalmente por la velocidad de movimiento de la humedad dentro del sólido, reduciéndose los efectos de los factores externos, en especial de la velocidad del aire, sobre todo en la última etapa. Normalmente los períodos de velocidad decreciente constituyen la mayor proporción del tiempo total de desecación.

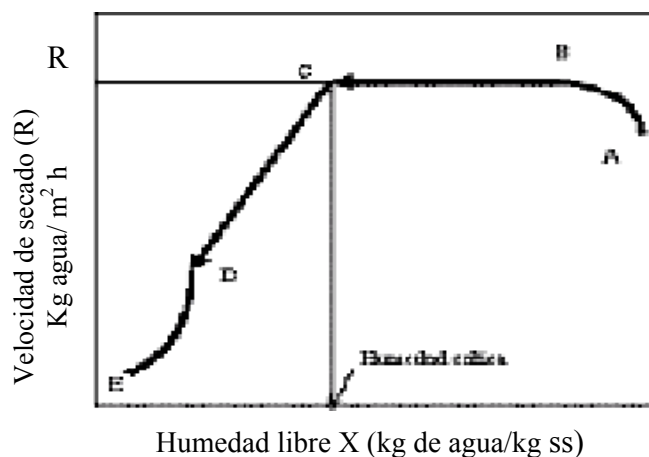


Figura 1.4. Curva de secado

#### 1.4.2. Cambios en el alimento durante el secado <sup>[20,21]</sup>

Los alimentos son complejos y heterogéneos. Entre los componentes de los alimentos figuran proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas, enzimas y sales inorgánicas y muchos de estos componentes están fuertemente hidratados. El agua presente en los alimentos no se encuentra en estado puro sino que puede estar en forma de solución de sólidos, de gel, en emulsión o ligada de diversos modos a los constituyentes sólidos. Además, tanto los tejidos vegetales como animales son de naturaleza celular, hecho que también afecta a su comportamiento durante la desecación.

**Movimiento de solutos.** Una característica singular e importante de la desecación de alimentos es el movimiento de sólidos solubles que se produce durante la desecación. El agua líquida que fluye hacia la superficie durante la desecación contiene diversos productos disueltos. El movimiento de algunos compuestos solubles resulta impedido por las paredes celulares que actúan como membranas semipermeables. A la migración de sólidos en los alimentos contribuye también la retracción del producto, que crea presiones en el interior de los pedazos de producto. El resultado neto de estos factores puede ser la deposición de componentes solubles en la superficie al evaporarse el agua.

También puede ocurrir la migración de sólidos solubles en la dirección opuesta, hacia el interior de la pieza. El que predomine uno u otro de ambos fenómenos depende de las características del producto y de las condiciones de desecación. Se ha demostrado que ambos mecanismos ocurren durante la desecación de alimentos.

**Retracción.** Durante la desecación de los tejidos animales y vegetales por cualquier método, con la posible excepción de la liofilización, se produce cierto grado de retracción del producto. Por ejemplo la densidad y porosidad de los trozos de verduras desecadas dependen en gran medida de las condiciones de desecación. Si las velocidades iniciales de desecación son altas las capas externas de los trozos se hacen rígidas y los trocitos de verdura adquieren el tamaño final definitivo más precozmente durante la desecación. Entonces las capas exteriores pierden humedad necesariamente antes que las interiores, la concentración de humedad en estas capas es menor que en el interior y las capas superficiales se contraen sobre una parte central dura de volumen constante.

Al continuar la desecación, los tejidos se rompen internamente dando origen a una estructura más abierta. En estas condiciones el producto tiene poca densidad y posee buenas características para la rehidratación. Si las velocidades iniciales de desecación son bajas los trocitos se retraen más y el producto tiene mayor densidad. La retracción de los alimentos durante la desecación puede influir en las velocidades de desecación debido a los cambios en el área de la superficie de desecación y a la creación de gradientes de presión en el interior del producto.

**Endurecimiento superficial.** Se ha observado que durante la desecación de algunas frutas, carnes y pescados, frecuentemente se forma en la superficie una película impermeable y dura. Esta determina normalmente una reducción de la velocidad de desecación y a este fenómeno se suele denominar endurecimiento superficial. Aunque el mecanismo exacto del endurecimiento superficial no se conoce bien, es

probable que esté influido por múltiples factores, entre los que figuran la migración de sólidos solubles a la superficie y a las elevadas temperaturas que alcanzan en la superficie hacia el final de la desecación que inducen complejos cambios físicos y químicos en la capa superficial.

**Movimiento de la humedad en el interior de los sólidos.** Parece deberse a cuatro probables modos de transferencia: el movimiento del líquido a consecuencia de las fuerzas capilares, la difusión del líquido como resultado de los gradientes de concentración, la difusión del vapor debida a los gradientes de presión parcial y la difusión en las capas líquidas adsorbidas a las

interfases del sólido. Generalmente el primero tiene mayor importancia en el caso de productos granulares groseros y el último en sólidos de una fase con estructura coloidal o geliforme. En muchos casos ambos mecanismos ocurren en una sola operación de desecación, el movimiento de humedad por capilaridad ocurre en las primeras fases de desecación y el mecanismo difusional cuando el contenido de humedad es bajo.