

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La especie (*Brassica oleracea* L.)

2.1.1 Origen

El centro de origen de esta hortaliza, al igual que en brócoli, pareciera estar ubicado en el mediterráneo oriental, concretamente en el cercano oriente (Asia Menor, Líbano y Siria). Su expansión como cultivo en Europa se inició a partir del siglo XVI, siendo anteriormente sólo cultivada a baja escala. En la actualidad se cultiva en todo el mundo, incluyendo las regiones tropicales (Moreira, 1998).

2.1.2 Sistemática

Reino	Plantae
División	Magnolliophyta
Clase	Magnollipsida
Sub-clase	Filiopsida
Orden	Cruciferales
Familia	Brassicaceae
Género	Brassica
Especie	<i>Brassica oleracea</i> L.

(Moreira, 1998)

2.2 Descripción morfológica

2.2.1 Sistema radicular

El sistema radicular de la coliflor es reducido, con una raíz pivotante de cerca de 50 cm. de largo y raíces laterales relativamente pequeñas, provistas de numerosos pelos radicales. La capacidad de exploración de suelo no es, por tanto, muy elevada (Casseres, 1980).

2.2.2 Sistema aéreo

Los tallos son cilíndricos, cortos y rematados terminalmente en una masa voluminosa de yemas florales hipertrofiadas muy apretadas unas junto a otras.

Las hojas son sésiles, enteras, poco a muy onduladas, oblongas (de unos 40 a 50 cm de largo y 20 cm de ancho), elípticas, y muy erguidas, extendiéndose en forma más vertical y cerrada que en el caso del brócoli.

La pella corresponde a una masa voluminosa compacta, densa, apelmazada, esférica, de hasta 30 cm de diámetro y generalmente de color blanquecino. En términos botánicos estrictos es un órgano pre-reproductivo en los cultivares precoces o tempranos. Sólo los tipos vernalizantes presentan un pan formado por verdaderos primordios florales, de manera similar al brócoli.

Morfológicamente, el pan presenta una estructura de corimbo, que corresponde a un conglomerado de tallos preflorales, cortos, gruesos y suculentos, y ápices vegetativos indiferenciados que se hacen suculentos (Casseres, 1980).

2.3 Ciclo vegetativo

Según Giaconi (1997), la fisiología del crecimiento y de la emisión de la inflorescencia o pella tiene las siguientes fases:

2.3.1 Fase juvenil

Abarca desde la germinación hasta la formación de hojas y raíces. Su duración es variable según se trate de variedades de ciclo corto, medio o largo, con 5 - 8 semanas en los dos primeros casos y 10 - 15 semanas en el último.

2.3.2 Fase de inducción floral

En esta fase se produce la diferenciación floral. Las temperaturas vernalizantes son también distintas en función de la variedad, necesitando dependiendo de las variedades temperaturas entre 6 - 20° C, la duración de esta fase suele ser de 5 a 15 semanas, dependiendo de las variedades y pudiéndose acortar el período con temperaturas más bajas.

2.3.3 Fase de formación de la pella

Las plantas dejan de formar hojas y se inicia la fase de formación de la inflorescencia a partir de las sustancias de reserva. La temperatura en esta fase juega un papel primordial, encontrándose su cero vegetativo entre 3 - 5° C. Cuando la pella está bien formada llega el momento de la recolección, punto en el que aun no se ha diferenciado ningún botón floral. Si en vez de recolectar se deja a la coliflor continuar su ciclo para la producción de semillas ocurren dos fases más:

2.3.4 Fase de floración

La pella pierde compactación, firmeza y blancura debido al crecimiento en longitud que se inicia en las ramificaciones preflorales del cogollo. Las variedades de invierno suben a flor inmediatamente después de formado el cogollo, mientras que las de verano, sin necesidad de vernalización para formar la pella de ramificaciones preflorales sí pueden necesitar frío para florecer.

2.3.5 Fase de polinización y fructificación

La polinización es cruzada y entomófila. En variedades de ciclo corto las flores son autofértiles, mientras que en cultivares de ciclo largo suelen ser autoincompatibles.

2.3.6 Agroecología

De acuerdo a Lozada (1997), la coliflor presenta las siguientes exigencias de cultivo:

- Clima templado; requiere temperaturas entre 12 y 23° C
- Suelos profundos, arcillosos, con alto contenido de materia orgánica
- El pH ideal para el cultivo varía de 6,5 a 7

2.3.7 Preparación del suelo

Lozada (1997), manifiesta que la preparación de suelo para el cultivo de coliflor suele constar de las siguientes actuaciones:

- Nivelación del terreno, principalmente en aquellos casos en donde se realice riego a manta o por surcos
- Labor profunda de subsolado
- Reparto de estiércol y abonado de fondo
- Labor de desmenuzamiento del suelo con un pase de arada
- Desinfección del suelo
- Aplicación de herbicida de preplantación
- Marcado y surcado

2.3.8 Requerimientos nutricionales

La coliflor es muy exigente en lo que se refiere a nutrientes. Es una planta de rápido desarrollo de abundante follaje, de fuerte poder de absorción, no solo se

aprovecha de una amplia gama de elementos nutritivos, especialmente nitrógeno y potasa sino de su rápida asimilación.

Aproximadamente 17500 kg de producto por hectárea extraen del suelo: 73,70 kg de Nitrógeno; 30,30 kg de anhídrido fosfórico; 110,80 kg de óxido de potasio; 250 kg de óxido de calcio; 50 kg de óxido de Magnesio; 30 kg de azufre.

La coliflor es una planta ávida de potasa, esta aportación es difícil de alcanzar si el índice de materia orgánica en el suelo es inferior al 1 %. La extracción de anhídrido fosfórico es baja, por lo que no se debe preocupar grandemente del abonado con este elemento. Las necesidades de Nitrógeno están influenciadas por las condiciones climáticas (Portilla, 2002).

2.3.9 Siembra y transplante

La coliflor es un cultivo de transplante, para cuyo fin será necesario obtener las plántulas a partir de almácigos o semilleros.

El transplante se realiza cuando las plantas tengan de 5 – 6 hojas verdaderas y entre 10 a 15 cm de altura, esto ocurre a los 30 a 45 días a la siembra. Hay que elegir las plántulas más robustas, con tallo corto, hojas bien desarrolladas; se descartan las plantas ciegas o con ápice vegetativo dañado. La cantidad de semilla utilizada en almácigo es de 0.5 kg/ha.

Las densidades de siembra más apropiadas cambian con las variedades, con las asociaciones de cultivos y con las costumbres locales, cuanto más amplia es la distancia de siembra se aumenta el tamaño de las pellas. La distancia más recomendable en las condiciones de suelo y clima de la sierra Norte y central del Ecuador, es de 80 cm entre surcos y 30 – 40 cm entre plantas. Resultando en un número plantas por hectárea de 31250 a 41667 (Gaibor, 2001).

2.3.10 Almácigos

La siembra de los almácigos se realiza en camas o platabandas de 1 m de ancho, con un suelo cavado entre 0,30 m de profundidad, debidamente mullido, al que se agrega 2,5 kg de compost o humus de lombriz más 50 gr de Sulpomag por cada metro cuadrado. La siembra se hace en suelo húmedo, el distanciamiento en almácigo es de hileras continuas cada 15 a 20 cm y a 0,5 cm de profundidad.

También se puede recurrir a la técnica de la siembra en bandejas, para lo cual se utiliza un sustrato comercial (turba) o se lo prepara mezclando un 1/3 de tierra negra, 1/3 de compost o humus de lombriz y 1/3 de cascajo (Gaibor, 2001).

2.3.11 Riego

Según las condiciones climáticas y de suelo en la sierra Norte y central del Ecuador el cultivo de coliflor debe recibir durante su ciclo vegetativo una lámina de agua de 600 – 650 mm, incluyendo en este rango el agua recibida por las precipitaciones lluviosas (Portilla, 2002).

Se aplicará un riego tras el trasplante, otro a los 3 días, otro a la semana y a partir de aquí se controlará regularmente el contenido de humedad del suelo mediante tensiómetros o cualquier otro método para determinar exactamente el momento oportuno del riego (Lozada, 1997).

2.3.12 Labores culturales

De acuerdo a Lozada (1997), las labores culturales del cultivo de coliflor son las siguientes:

2.3.12.1 Aporcado

Es recomendable una vez que la planta ha arraigado aporcar un poco de tierra sobre las plantas para favorecer un mejor desarrollo del sistema radicular.

2.3.12.2 Protección de la pella

Cuando la envoltura de hojas se abre y la cabeza queda al descubierto puede ser conveniente cubrirla con una hoja arrancada hasta el momento de la recolección para evitar la exposición directa a los rayos solares y posibles amarillamientos.

2.3.13 Cosecha

La recolección se efectúa cuando la pella está totalmente formada y todavía cubierta por las hojas internas, procediendo a la misma cada 2 - 4 días en función de la climatología y época del año, de forma que en una misma parcela se dan entre 5 - 10 pasadas (Lozada, 1997).

El rendimiento promedio puede calcularse entre los 25000 y 35000 plantas por hectárea, con un peso unitario de 0,3 kg y 0,8 kg, quedando como subproductos del cultivo el follaje y las plantas de desecho aproximadamente con unos 10000 kg por hectárea que pueden destinarse como forraje para el ganado (Gaibor, 2001).

2.3.14 Plagas

Principales plagas que afectan al cultivo de coliflor (Suquilanda, 1995).

2.3.14.1 Gusanos defoliadores, trozadores y barrenadores.

En estado de larvas (gusanos) comen las hojas de coliflor, pellas y otros los tallos de las plantas el control de estas plagas es posible realizando asperciones al follaje con productos a base de *Bacillus thuringiensis* como: Dipel, Novo o Neem.

2.3.14.2 Pulgón

Se localiza en los tallos y en el envés de las hojas, actúa succionando la savia e inyectando toxinas tornando amarillentas y débiles a las hojas causando finalmente la muerte. El control se lo realiza con piretroides o a base de insecticidas botánicos de ortiga, tabaco, cebolla paitaña, papa, ají, ajo o jabón negro.

2.3.14.3 Minador de la hoja

Las zonas más afectadas son las cercanas al nervio central de las hojas jóvenes, para su control es posible la utilización de trampas (plástico amarillo embebido de aceite), extractos o controles con dimethoato.

2.3.14.4 Caracoles y babosas

Comen y producen desgarros en las plantas así como también muerden las pellas, su control es posible de realizar mediante trampas (atrayeros con fermento).

2.3.15 Enfermedades

Principales enfermedades que afectan al cultivo de coliflor (Suquilanda, 1995).

2.3.15.1 Mal de almacigo

Marchitamiento de las plántulas causado por *Rhizoctonia solani* provocando estrangulamiento del cuello de la planta, su combate se lo puede realizar mediante aplicaciones de Kocide 101 en dosis de 2,5 g/l.

2.3.15.2 Mildiu

El agente causal de este es *Peronospora parasitica*, sus síntomas son la manifestación de una pelucilla blanca en el envés de la hoja y en el haz clorosis y amarillamiento, posteriormente las manchas del haz se tornan de color oscuro, su

control se lo realiza a base de de Kocide 101 en dosis de 2,5 ml/ l, Maneb o Mancoceb.

2.3.15.3 Cenicilla u oidio

Causada por el hongo *Erysiphe polygoni* presenta una cenicilla blanquecina sobre el haz y el envés, para el control eficaz se realizan aplicaciones de Cosan o Elosan en dosis de 2,5 g/l.

2.3.15.4 Mancha de la hoja

Causada por el hongo *Alternaria brassicae*. Sus síntomas aparecen como pequeñas lesiones circulares de color oscuro que se desarrollan en anillos concéntricos de un centímetro de diámetro. Su control se lo realiza a base de de Kocide 101 en dosis de 2,5 ml/ l o Lonlife 40 en dosis de 2 ml/l.

2.4 Los sedimentos

2.4.1 Características físicas y químicas de los sedimentos de la laguna de Yahuarcocha.

Según Vilatuña (2001), las características físicas y químicas de los sedimentos de la laguna de Yahuarcocha son las siguientes:

2.4.1.1 Granulometría

Para conocer las características de la granulometría de los sedimentos se han seleccionado tres zonas:

- Zona del centro de la laguna
- Zona cercana a la orilla de la laguna
- Zona de ingreso del agua de trasvase del río Tahuando

En las tres zonas la distribución granulométrica se encuentra entre un 58,8 % al 82,4 % con un diámetro de 0,063 mm que corresponde a una clasificación de arena muy fina.

Cuadro 1. Distribución granulométrica de los sedimentos de la laguna de Yahuarcocha

Zonas	Distribución granulométrica				
	2 mm	1 mm	0,08 mm	0,063 mm	Residuo
Central	8	18,7	5,2	65,8	2,3
Trasvase Tatuando	7,4	11,7	1,9	58,8	20,2
Orilla	2,4	10,9	4,1	82,4	0,4

Fuente: Vilatuña (2001).

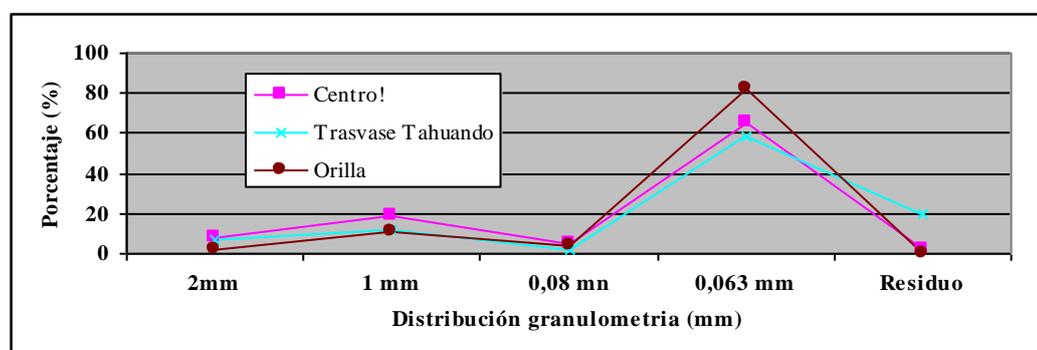


Fig. 1. Variación de la granulometría en los sedimentos, según Vilatuña, (2001).

2.4.1.2 Metales pesados en sedimentos

Las autoridades gubernamentales de Holanda han establecido una guía para evaluar la calidad de los sedimentos, en dependencia de los posibles usos de este material. El procedimiento define cuatro clases de contaminación en los sedimentos.

El material dragado de clase I, es de calidad aceptable para todo uso, la clase II puede ser utilizado bajo ciertas restricciones, mientras que la clase III y en mayor grado la clase IV, debe ser almacenado bajo condiciones estrictamente controladas, pues representan una seria amenaza para los ecosistemas acuáticos, los suelos y la salud pública.

Cuadro 2. Criterios de clasificación de concentraciones de metales pesados en sedimentos.

Metal (mg/kg)	Clase			
	I	II	III	IV
Cd	< 2	2 - 7.5	7.5 - 30	> 30
Cr	< 480	< 480	480 - 600	> 600
Cu	< 35	35 - 90	90 - 400	> 400
Pb	< 530	< 530	530 - 1000	> 1000
Ni	< 35	35 - 90	90 - 400	> 400
Zn	< 480	480 - 1000	1000 - 2500	> 2500

Fuente: Kederman (1991).

Los resultados de los análisis efectuados del Cuadro 2, señalan que los sedimentos de la laguna de Yahuarcocha clasifican como de clase I, con calidad apropiada para todo uso.

Comparando con los contenidos máximos permisibles de estos metales en lodos usados para su aplicación sobre el suelo, que aparecen en el Cuadro 3, se aprecia que los sedimentos en Yahuarcocha contienen concentraciones menores a las toleradas en países europeos.

2.4.1.3 Nitrógeno, fósforo, calcio, sodio, aluminio y hierro

Los análisis químicos del Cuadro 3, señalan altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, pero bajas de calcio, potasio y sodio, a partir de una clasificación de los sedimentos, en base seca, para su incorporación a suelos con baja fertilidad. Sin embargo, el disponer de estos sedimentos con esta finalidad, debe considerar el análisis químico tanto de los sedimentos después de drenar el agua sobrenadante y el análisis químico de los suelos a tratar, para evitar problemas de fitotoxicidad a los cultivos.

Por otra parte, la granulometría de los sedimentos es mayormente la correspondiente a arena muy fina, que pudiera mejorar el drenaje de suelos con granulometría más fina (arcillosa), si se procede a mezclarlos. Generalmente, los suelos de textura gruesa o arenosa, tienen problemas vinculados a la poca retención de nutrientes e inclusive a excesivo drenaje.

Cuadro 3. Resultado del análisis de laboratorio de muestras compuestas del sedimento de la laguna Yahuarcocha.

Parámetros	Unidad	Centro	Tahuando orilla	Playa orilla
		0 - 30 cm.	0 - 60 cm.	0 -60cm
Densidad	g /cm ³	3,53	3,53	3,53
Humedad	%	79,66	35,31	33,31
Mat. FRG por Ignición	% MS	17,0	4,77	4,88
Nitrógeno Total	% MH	3,90	3,67	3,78
Fósforo Total	% MH	0,092	0,122	0,062
Fósforo Total	Ppm	4523	1886	930
Potasio	% MH	0,1125	0,091	0,112
Potasio	meq/100 g	0,014	0,004	0,004
Sodio Total	% MH	0,266	N.A.	N.A.
Sodio Total	meq/100 g	0,012		
Calcio Total	mg/kg	283,8	N.A.	N.A.
Calcio Total	meq / 100 g	0,001		
Arsénico	mg / kg.	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cadmio	mg/ kg.	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cromo	mg/ kg.	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Plomo	mg / kg.	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zinc	mg / kg	15,00	32,17	33,42
Cobre	mg / kg.	15,28	20,82	21,37
Al	% MH	0,838	1,325	0,802
Al	meq / 100 g	0,458	0,228	0,134
Fe	% MH	0,549	1,182	0,964
Fe	meq / 100 g	0,142	0,096	0,076
GRANULOMETRIA				
Malla				
2,000 mm	% MS	8	7,4	2,4
1,000 mm	% MS	18,7	11,7	10,9
0,080 mm	% MS	5,2	1,9	4,1
0,063 mm	% MS	65,8	58,8	82,4
Residuo	% MS	2,3	20,2	0,4

N.A. = No Analizado.

MS = Masa Seca.

MH = Masa Húmeda.

Fuente: Vilatuña (2001).

2.4.2 Funciones que desempeñan los sedimentos en el suelo.

Según Reina (2002), las funciones que desempeñan los sedimentos al ser

incorporados al suelo son:

2.4.2.1 Funciones físicas

- Acción coloidal sobre las arcillas
- Disgrega las arcillas en suelos compactos
- Da coherencia a suelos arenosos y ligeros
- Aumenta la capacidad de retención de agua
- Aumenta la penetrabilidad del suelo
- Reduce la evaporación de agua
- Transporta nutrientes a la raíz

2.4.2.2 Funciones químicas

- Aumenta el intercambio catiónico
- Retiene y facilita la absorción de nutrientes
- Es el agente quelatante universal
- Reduce la salinidad al secuestrar el catión Na
- Produce CO₂ por oxidación y favorece la fotosíntesis
- Transforma el fosfato tricalcico (fosforita) en fosfato bicálcico y monocálcico solubles por las plantas
- Los carbonatos de calcio y magnesio lo transforma en bicarbonato de calcio y magnesio rápidamente asimilable

2.4.2.3 Funciones biológicas

- Estimula la microflora del suelo
- Ayuda al desarrollo de colonias microbianas
- Estimula el desarrollo radicular
- Mejora los procesos energéticos de las plantas
- Ayuda la síntesis de los ácidos nucleicos

- Mejora la calidad de la planta y su fruto
- Aumenta la producción de las cosechas

2.4.2.4 Funciones económicas

- Reemplaza la gallinaza y/o cualquier materia orgánica
- Los cultivos, al estar mejor alimentados, se defienden contra todo tipo de enfermedades
- Reduce la aplicación de fertilizantes
- Permite disminuir la aplicación de plaguicidas
- Aumenta la producción de las cosechas

2.5 La totora

2.5.1 Taxonomía, características morfológicas y composición química

Cuadro 4. Taxonomía, características morfológicas y composición química de la totora

Familia:	Ciperáceas
Género:	Schoenoplectus
Especie:	<i>Schoenoplectus californicus</i>
Nombre común:	Totora
Altura de planta	3,20 a 4,20 m.
Espesor	0,5 a 5,0 cm de diámetro
Densidad	280 tallos aéreos / m ²
Composición química	Hemicelulosa: 30.71 %
	x-celulosa 66.79 %
	Lignina 27.8 %

Fuente: Simbaña (2001).

La totora es una hierba perenne, fasciculada, con raíces fibrosas. El tallo es cespitoso, erecto, liso, trígono, acostillado, sin presentar tuberosidades en la base. Las hojas de la sección inferior presentan vainas foliares carentes de láminas; las

superiores las desarrollan ocasionalmente.

La inflorescencia es un agregado simple yseudolateral de espiguillas; tiene una bráctea erecta, que semeja una continuación del tallo. Las espiguillas son hermafroditas, abundantes, sésiles, ovoides u oblongas. Presenta glumas espiraladas, ovadas, redondas en la parte posterior, con una nervadura media fuerte y una lateral obsoleta; la raquilla es persistente.

Las flores son hermafroditas. Los estambres son tres, y los estilos dos. Los frutos son aquenios lenticulares, biconvexos o aplanado convexo, lisos o transversalmente rugosos (Simbaña, 2001).

Cuadro 5. Composición química de las plantas de totora (*Schoenoplectus californicus*)

K %	Na %	Ca %	Mg %	Si %	S %	P %	C %	N %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm
6,85	2,5	0,9	0,19	1,07	0,77	0,2	39,7	1,88	950	5,5	97

Fuente: Collot (1990).

2.5.2 Compostaje

El compostaje se puede definir como un proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de las variables del proceso; tiene como objetivo la obtención de un biofertilizante de características físico-químicas, biológicas y microbiológicas predeterminadas, conocido como compost. A este proceso controlado de compostaje se lo denomina como compostaje aerotérmico o termoaeróbico para diferenciarlo de las técnicas tradicionales (Sztern, 1994).

2.5.3 Proceso de compostaje aeróbico

Según Sztern (1994), el proceso de compostaje aeróbico se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10 – 40° C) con etapas termogénicas (40 – 75° C) y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las

elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterótrofos y quimioautótrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada.

Se puede distinguir en una pila o camellón dos regiones o zonas:

- La zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes
- La corteza o zona cortical que es la zona que rodea al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados

El núcleo actúa como zona inductora sobre la corteza. No obstante, todos los procesos que se dan en el núcleo, no alcanzan la totalidad del volumen de la corteza. A los efectos prácticos y utilizando como criterio las temperaturas alcanzadas en el núcleo, se puede diferenciar las siguientes etapas:

Etapa de latencia: es la etapa inicial, considerada desde la conformación de la pila hasta que se constatan incrementos de temperatura, con respecto a la temperatura del material inicial. Esta etapa, es notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. Si el material tiene ya un tiempo de acopio puede pasar inadvertida. La duración de esta etapa es muy variable, dependiendo de numerosos factores.

Si son correctos: el balance C/N, el pH y la concentración parcial de oxígeno, entonces la temperatura ambiente y fundamentalmente la carga de biomasa microbiana que contiene el material, son los dos factores que definen la duración de esta etapa. Con temperatura ambiente entre los 10 y 12° C, en pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72 horas.

Etapa mesotérmica 1 (10 – 40° C): en esta etapa, se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en concomitancia con oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras se mantienen las condiciones de aerobiosis actúan euactinomicetos (aerobios estrictos), de importancia por su capacidad de producir antibióticos. Se dan también procesos de nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de azufre, fósforo, etc. La participación de hongos se evidencia al inicio de esta etapa y al final del proceso, en áreas muy específicas de los camellones de compostaje.

La etapa mesotérmica es particularmente sensible al binomio óptimo humedad - aireación. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura. La falta de disipación del calor produce un incremento aún mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable, depende también de numerosos factores.

Etapa termogénica (40 – 75° C): la microflora mesófila es sustituida por la termófila debido a la acción de bacilos y actinomicetos termófilos, entre los que también se establecen relaciones del tipo sintróficas. Normalmente en esta etapa, se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. Si la compactación y ventilación son adecuadas, se producen visibles emanaciones de vapor de agua. El CO₂ se produce en volúmenes importantes que difunden desde el núcleo a la corteza. Este gas, juega un papel fundamental en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de insectos. La concentración de CO₂ alcanzada resulta letal para las larvas.

Conforme el ambiente se hace totalmente anaerobio, los grupos termófilos intervinientes, entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes.

Etapa mesotérmica 2: con el agotamiento de los nutrientes y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40° C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, tales como la celulosa y lignina restante en las pajas. Esta etapa se la conoce generalmente como etapa de maduración. Su duración depende de numerosos factores. La temperatura descenderá paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente. En estos momentos se dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso.

Las etapas mencionadas, no se cumplen en la totalidad de la masa en compostaje, es necesario, remover las pilas de material en proceso, de forma tal que el material que se presenta en la corteza, pase a formar parte del núcleo. Estas remociones y reconfiguraciones de las pilas se realizan en momentos puntuales del proceso, y permiten además airear el material, lo que provoca que la secuencia de etapas descrita se presente por lo general más de una vez.

Desde el punto de vista microbiológico la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica. Las poblaciones microbianas se presentan en fase de muerte por agotamiento de nutrientes. Con frecuencia la muerte celular no va acompañada de lisis. La biomasa puede permanecer constante por un cierto período aún cuando la gran mayoría de la población se haya hecho no viable.

Las características descritas, corresponden a un compost en condición de estabilidad. Esta condición se diagnostica a través de diversos parámetros. Algunos de ellos, se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor), otras determinaciones se deben realizar en laboratorio.

Cuadro 6. Parámetros de control de estabilidad del Compost.

Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro – negro ceniza
Olor	Sin olor desagradable
pH	Alcalino (anaerobico, 55 ^o C, 24 horas)
C/N	≥ 20
N ^o termofilos	Decreciente a estable
Respiración	0 < 10 mg/g compost
Media	0 < 7,5 mg /g compost
COD	< 700 mg/g compost
ATP	Decreciendo a estable
CEC	>60 meq / 100 libre de cenizas
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementadose - estable
Polisacáridos	< 30 – 50 mg glúcidos / g. peso seco
Reducción de azúcares	35 %
Germinación	< 8
Nemátodos	Ausentes

Fuente: Sztern (1994).