

*ESTA CHARLA ES OFRECIDA  
POR CORTESÍA DE INVERCA  
COLOMBIA S.A.*



**CONTROL DE CLIMA:  
HERRAMIENTA EN EL MANEJO DE  
INVERNADEROS PARA PRODUCCIÓN DE FLORES  
DE CORTE.**

**DANIEL ESTEBAN BRICEÑO SALINAS**

*Ingeniero Agrícola Ph. D. (c)*

*Profesional Investigador*

*Universidad Nacional de Colombia*

# Energía dentro del invernadero

## Energía lumínica:

Es la energía luminosa proveniente del sol. Determina la temperatura dentro del invernadero.

## Energía calórica:

Es la que provoca en los cuerpos variación de la temperatura. Se libera cuando se agitan las moléculas de una sustancia la cual absorbe radiaciones y se calienta.

# Formas de propagación de energía

## Conducción:

Es la transferencia de calor a través de un objeto sólido. Bajo invernadero es producida por el movimiento de calor a través de los materiales de cubierta.

## Convección:

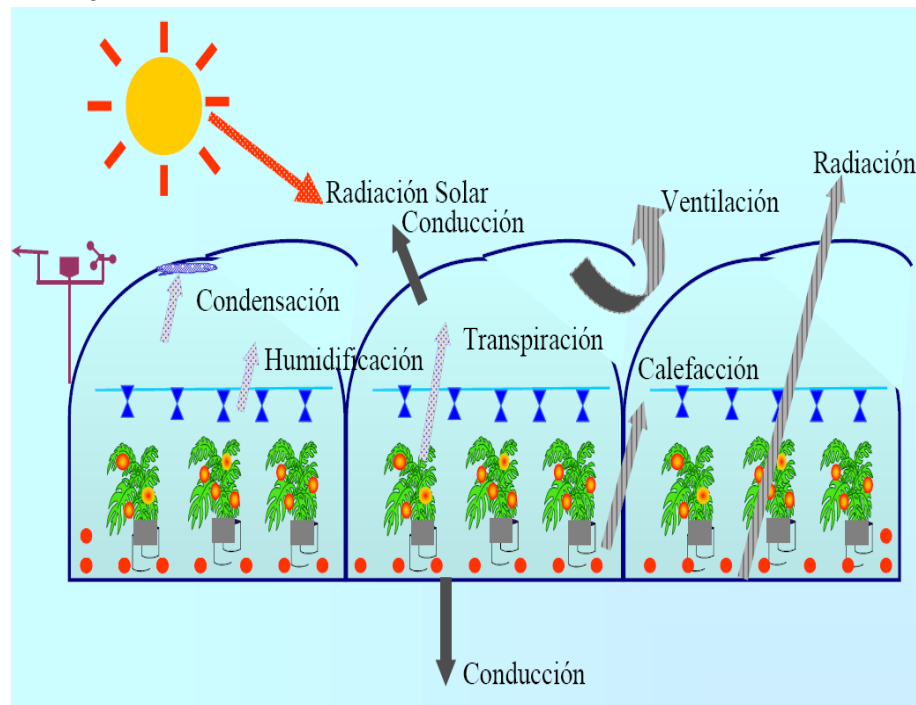
Dada por el intercambio entre moléculas frías y calientes. Se origina por el movimiento del calor en la interacción planta – suelo, planta – aire y suelo – aire.

## Radiación:

Transferencia por radiación electromagnética, generalmente infrarroja. Se da por el movimiento de calor a través del aire y la función planta – suelo.

# Control climático

En el interior de un invernadero se dan condiciones ambientales que difieren con el exterior, aunque dependan de él. Por tal razón los invernaderos modernos, deben ofrecer la posibilidad de regular lo mejor posible el clima en su interior y proveer de bienestar al cultivo. Desde el punto de vista ambiental se puede efectuar **control pasivo** y **control activo**.



# Control pasivo

Está condicionado por el clima exterior, su ventilación se realiza en forma natural, es libre y se encuentra restringido por la pared de cubierta así como por la disposición de las plantas.

Con este tipo de control se puede modificar:

- ☞ La temperatura interna
- ☞ La humedad relativa interna
- ☞ La luminosidad interna
- ☞ El dióxido de carbono



# Control pasivo de temperatura interna

Este es factiblemente el parámetro más importante en el manejo ambiental ya que es el más influyente en el crecimiento y desarrollo de las plantas (grados día). Se puede realizar mediante:

- ☞ Ventilación (natural)
- ☞ Sistemas de sombreo (polisombras o pantallas)
- ☞ Películas plásticas especializadas (termoaislante)
- ☞ Labores culturales (riegos, podas y quemas)

# Control pasivo de humedad relativa interna

La humedad relativa es **la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura**. Es un factor que puede modificar el rendimiento final de los cultivos en relación a su influencia en la sanidad del cultivo.

Este control se efectúa mediante:

- ☞ Ventilación (natural)
- ☞ Sistemas de cobertura y protección (polisombras o pantallas)
- ☞ Películas plásticas especializadas (antigoteo)
- ☞ Labores culturales (riegos)

# Control pasivo de luminosidad interna

La iluminación es un elemento fundamental para un cultivo bajo invernadero por cuanto determina sus posibilidades agronómicas (calor – fotosíntesis). Este parámetro es menos modificable que los anteriores, sin embargo sus efectos se pueden alterar mediante:

- ☞ Ventilación (efecto sobre el manejo de temperatura)
- ☞ Sistemas de sombreo (polisombras)
- ☞ Películas plásticas especializadas (difusa - antivirus)
- ☞ Iluminación artificial

# Control pasivo de CO<sub>2</sub>

La importancia del contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y su influencia en el desarrollo de los cultivos está dada en función del proceso de fotosíntesis. El nivel de este parámetro bajo invernadero puede ser ligeramente modificado mediante:

- ☞ Ventilación: permite el intercambio con el exterior y estabilizar la concentración.
- ☞ Sistemas de sombreo: regula la luminosidad para evitar que la planta entre en estrés lumínico.

# Control Activo

Está orientado hacia el manejo del clima interno del invernadero, mediante el uso de diversos equipos que permiten manipular con un significativo grado de eficiencia los siguientes parámetros:

- ☞ Temperatura interna
- ☞ Humedad relativa interna
- ☞ Luminosidad
- ☞ Dióxido de carbono



# Control activo de temperatura interna

Para el manejo del régimen térmico del invernadero se debe tener en cuenta el efecto de:

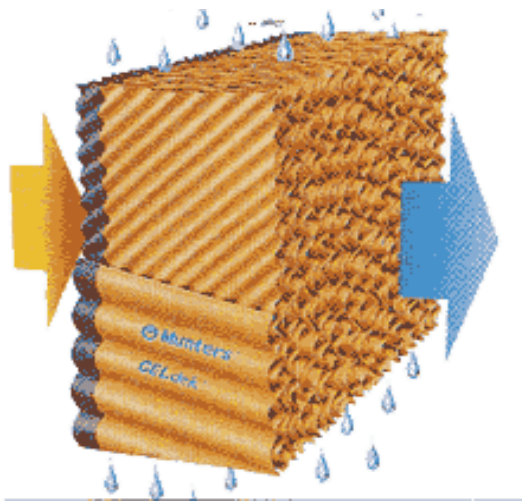
- ☞ La ventilación (natural y forzada)
- ☞ La calefacción (aire caliente – agua caliente)
- ☞ La pantalla térmica (sombreo y ahorro térmico)



# Control activo de humedad relativa interna

El control activo de H.R. consiste en la utilización de equipos para la regulación de este parámetro. Así valores altos de H.R. se pueden disminuir con el uso de la ventilación forzada y la calefacción.

Del mismo modo valores bajos de H.R. se pueden incrementar mediante la implementación de humidificadores (cooling & fog system).



# Control activo de luminosidad interna

La luminosidad se puede modificar por medio de pantallas térmicas cuando se tiene exceso y de iluminación artificial cuando hay déficit.

Estos equipos responden a foto celdas o temporizadores, los cuales envían la señal a los contactores y estos a los motores o luminarias.



# Control activo de enriquecimiento de CO<sub>2</sub>

Su contenido en la atmósfera terrestre es aproximadamente de 340 ppm. No obstante bajo invernadero presenta fluctuaciones que oscilan entre 450 – 650 ppm en la mañana para llegar al medio día a 200 ppm.

La carencia de esta sustancia se puede modificar con una adecuada ventilación que permita un intercambio de aire con el exterior o mediante aportación que se consigue mediante la combustión de sustancias que no afecten al cultivo.

También se puede hacer la aportación del gas de manera automatizada por medio de válvulas instaladas dentro del invernadero.

***VENTILACIÓN:  
PROCESO CLAVE EN EL CONTROL CLIMÁTICO Y  
EN EL MANEJO DE BOTRYTIS***



La ventilación es el proceso clave del control climático y juega un papel fundamental en el comportamiento del clima bajo cubierta.

Consiste en la renovación del aire dentro del recinto del invernadero. Esta se basa en el fenómeno de la convección natural, **por la cual el aire más caliente, con menor densidad**, asciende dejando lugar para que el aire más frío y por tanto más denso ocupe las partes bajas. (Bernat, 1992)

Otros aspectos a tener en cuenta son las dimensiones de las ventanas laterales, las cenitales y la altura del cultivo. Estos factores van a limitar la ventilación, sobre todo cuando la velocidad del viento es baja. También es de gran importancia la forma y orientación de las ventanas en función de los vientos predominantes (**barlovento y sotavento**).

El intercambio del aire entre el interior y el exterior del invernadero incide de una manera clara en el clima del cultivo, no solamente cambia el balance de energía (**temperatura del aire**), sino que también afecta al contenido de vapor de agua (**humedad del aire**), las concentraciones de  $O_2$  y de anhídrido carbónico ( $CO_2$ ), los cuales son factores que inciden directamente sobre los niveles de producción y la sanidad del cultivo.

La manera más práctica y económica de actuar sobre estos factores, con el fin de lograr las condiciones ambientales deseadas, es mediante la implementación de sistemas de ventilación.

Las tasas de ventilación deberían tender a alcanzar entre **0,75** y **1,25** renovaciones del volumen del aire del invernadero por minuto (**45** a **80** renovaciones por hora), siendo **60** un valor adecuado para los cultivos.

Un sistema de ventilación eficiente debe de cumplir los 3 criterios siguientes:

- 1- Proporcionar una tasa de renovación elevada.
- 2- Inducir la mezcla del aire interior y exterior.
- 3- Generar un nivel adecuado de velocidad del aire, con el fin de promover el intercambio de energía y de masa entre las plantas y el aire interior.

El movimiento del aire bajo invernadero se puede generar por medio de **ventilación forzada** o bien utilizando la **ventilación natural**, proceso que depende de la acción que ejercen sobre el flujo de aire a través de las ventanas el viento y la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

## **VENTILACIÓN NATURAL**

La ventilación se denomina “natural” cuando son solamente las fuerzas exteriores naturales, las que actúan sobre el intercambio del aire interior con el aire exterior. El flujo de aire a través de una ventana tiene como fuerza motriz la **diferencia de presión** que se establece entre ambos lados de la ventana por efecto de la diferencia de temperatura.

## DIFERENCIA DE PRESIÓN EN LA VENTILACIÓN NATURAL

Tiene su origen en dos procesos diferentes:

- La influencia del viento, que genera una **distribución de la presión** sobre la superficie del invernadero.
- La influencia de la **diferencia de temperatura** entre el interior y el exterior, que genera una **diferencia de densidad** y por consiguiente de presión.

## MECANISMOS Y FACTORES DE LA VENTILACIÓN NATURAL

MECANISMOS	FACTORES
Presión del viento	Velocidad, dirección del viento
Turbulencia	Forma, Posición de la ventana en el invernadero, % de apertura de la ventana
Efecto “Chimenea”	Diferencia de temperatura

# INVERNADERO TIPO CAPILLA



# INVERNADERO TIPO FLEXON



# INVERNADERO TIPO COLGANTE



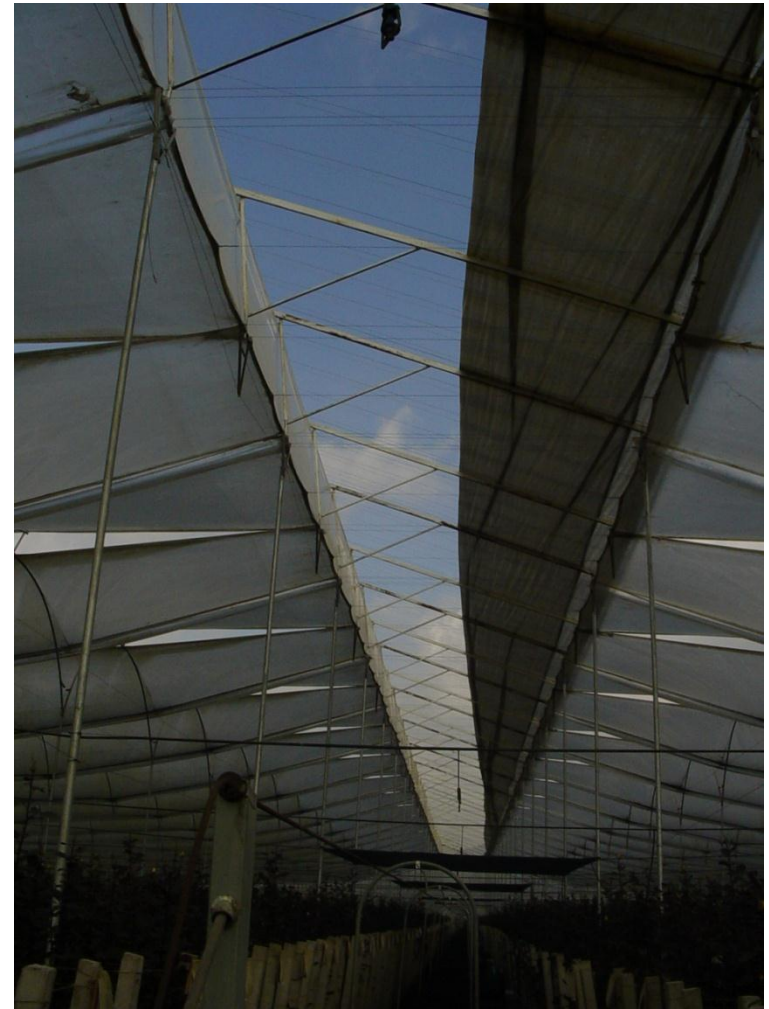
# INVERNADERO TIPO ESPACIAL



# INVERNADERO TIPO “MILENIUM”



# MILENIUM 2



# INVERNADERO TIPO TANDEM



# INVERNADERO MULTITÚNEL



# MULTITÚNEL 2



# MULTITÚNEL 3

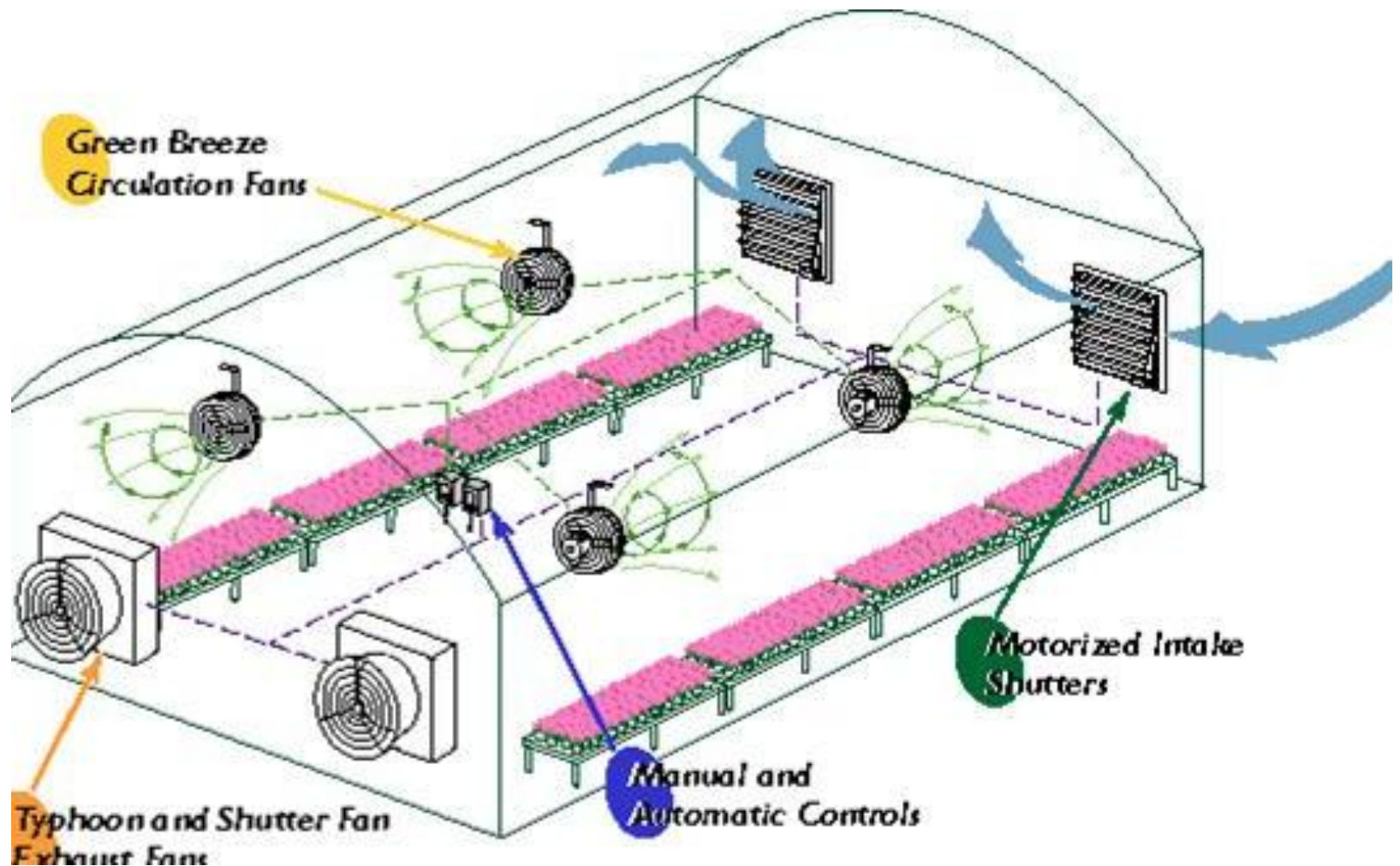


## VENTILACIÓN FORZADA

Los sistemas de ventilación forzada establecen una corriente de aire artificial mediante ventiladores todos alimentados por energía eléctrica en la cual la corriente empuja aire caliente del invernadero hacia las zonas de salida y el volumen evacuado es ocupado inmediatamente por aire de la atmósfera exterior.

Con este sistema solamente se puede conseguir una temperatura similar a la del exterior, pero su control es más preciso que el que se logra con la ventilación natural.

# VENTILACIÓN FORZADA

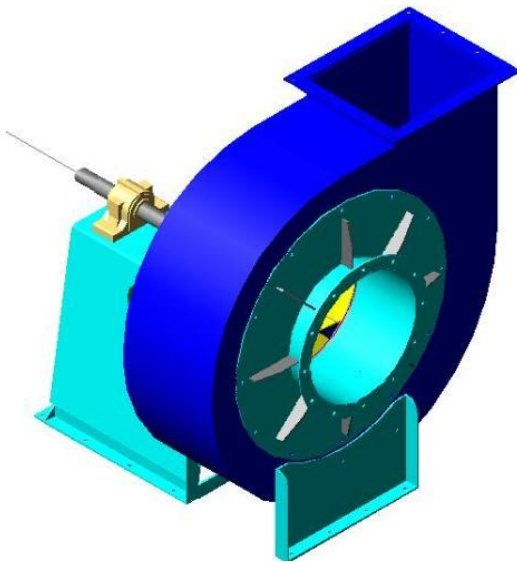


## VENTILADORES

Un ventilador es un equipo que crea una diferencia de presión para mover el aire a través de él. Mientras más grande es la diferencia de la presión creada por el ventilador, más grande será el volumen de aire movido a través del sistema.

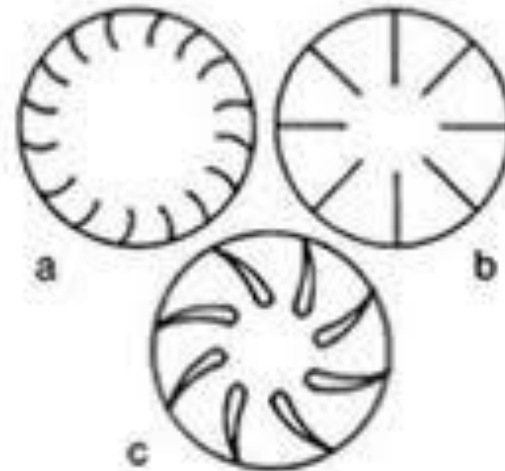
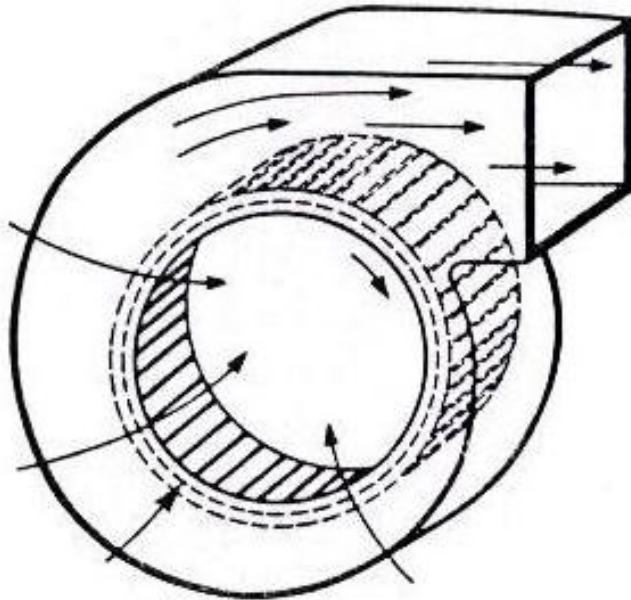
# CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES

Los ventiladores se pueden clasificar en dos grandes grupos: los ventiladores centrífugos y los ventiladores de flujo axial, que difieren entre si en la dirección del flujo del aire que pasa por ellos.



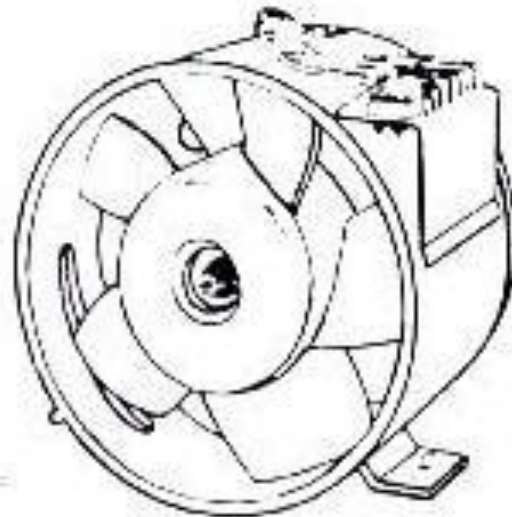
# VENTILADOR CENTRÍFUGO

Los ventiladores centrífugos impulsan el aire a lo largo del eje del ventilador y a continuación es desviado rápidamente en forma radial a dicho eje. El aire se reúne en una carcasa o caracol y se concentra en una dirección. Manejan altas presiones.

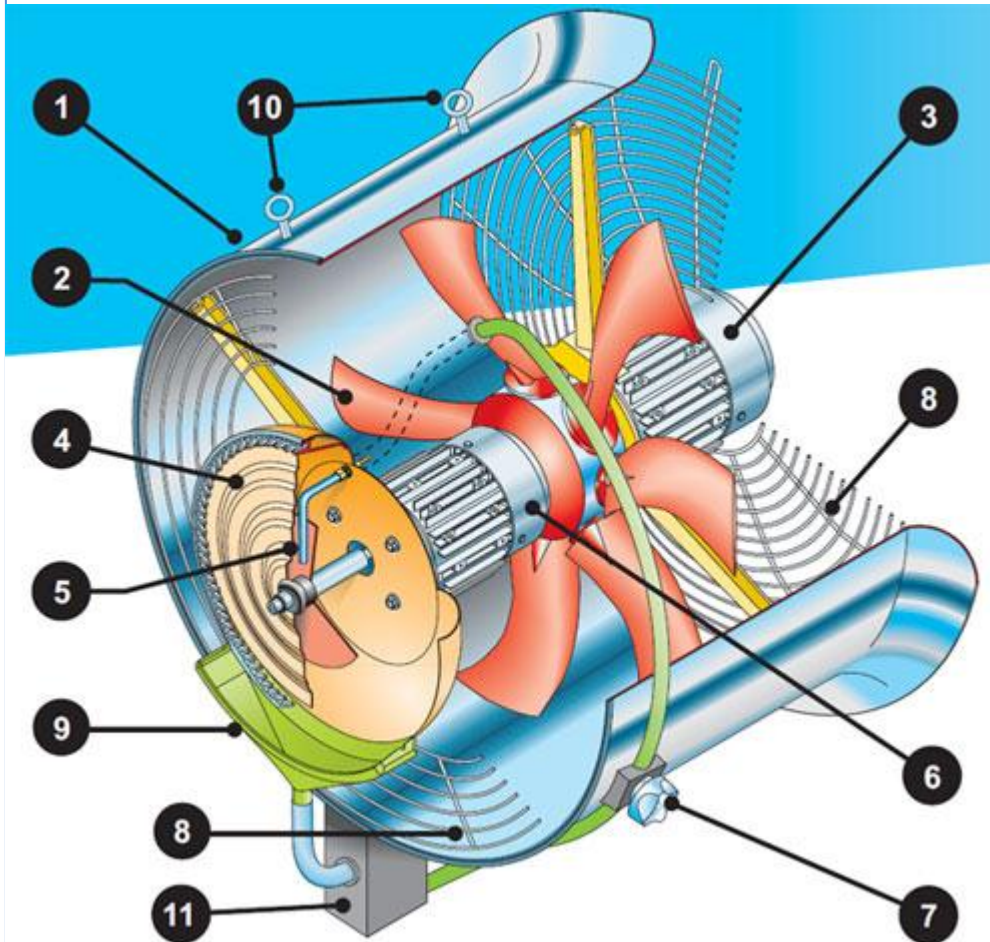


## VENTILADOR DE FLUJO AXIAL

Los ventiladores de flujo axial impulsan el aire a lo largo del eje del ventilador y después sale en la misma dirección. Manejan altos caudales y bajas presiones. También se pueden adecuar con sistemas de suministro de agua funcionando como humidificadores.



# PARTES DE UN VENTILADOR – HUMIDIFICADOR



1. Tobera.
2. Hélice de paso regulable.
3. Motor del ventilador.
4. Pulverización por sistema centrífugo.
5. Tubo inyector.
6. Motor del humidificador.
7. Válvula reguladora de caudal.
8. Rejas protectoras.
9. Colector de sobrante.
10. Soportes.
11. Bomba recuperadora .

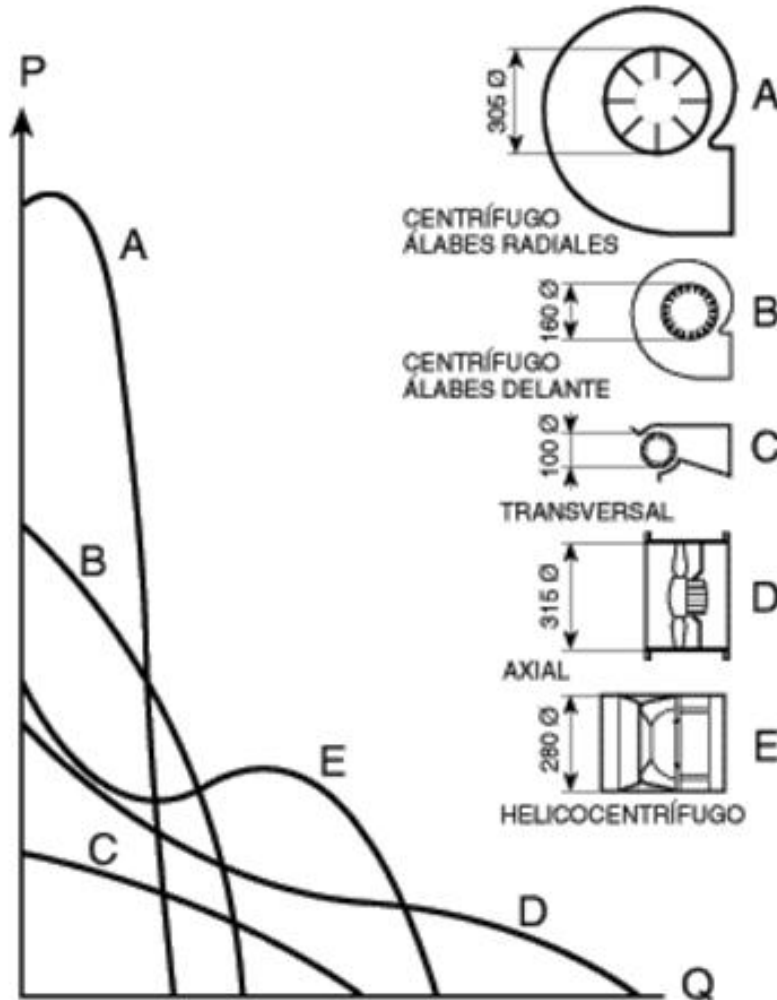
## CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS VENTILADORES (1)

La curva característica de un ventilador presenta el comportamiento de la presión, potencia y eficiencia en función del caudal de aire.

Mientras el aire fluye a través de un sistema de ventilación, éste ejerce resistencia e impide su paso.

Este comportamiento es representado mediante **la curva del sistema** la cual relaciona la presión de resistencia que ejerce el sistema a un determinado caudal.

## CURVA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS VENTILADORES (2)



Según sea el ventilador, su curva característica adopta una u otra forma primando el concepto de caudal sobre el de presión o viceversa.

En los ventiladores axiales, en comparación con el caudal de que son capaces, sus posibilidades de presión son discretas.

Los ventiladores centrífugos, en general, son capaces de presiones altas con caudales más bien bajos.

La operación en serie o en paralelo de dos ventiladores sobre un sistema, es mejor, incrementando el flujo del aire en aproximadamente un **20%** por encima del caudal de operación individual.

Si los ventiladores en consideración son diferentes, el menor de los dos puede absorber potencia del mayor cuando están conectados en serie. Cuando están conectados en paralelo, el flujo del aire puede reversar su dirección a través del ventilador más pequeño.

## SELECCIÓN DEL VENTILADOR (1)

Para seleccionar un ventilador se debe tener en cuenta la siguiente información:

**Caudal de aire a mover (Q):** Este parámetro define el punto de operación del sistema de ventilación, ya que su valor influye en las caídas de presión a través del sistema; si el caudal de aire aumenta, también lo hará la caída de presión.

**Estimación de la resistencia del sistema y variación esperada (caída de presión estática):** Para ello se debe conocer la curva característica del sistema, la cual incluye las pérdidas en la instalación (debidas a la fricción del aire en los ductos) y las pérdidas dentro de la estructura o invernadero (se determinan para diferentes caudales de aire).

La resistencia total es función de la velocidad del aire a través del sistema, la cual depende del caudal de aire y del área a través de la cual circula dicho caudal ( $V = Q / A$ ).

**Ruido permisible:** El sonido emitido por un ventilador es un subproducto inevitable del proceso de transferencia de energía; debido a que la mayoría del sonido del ventilador es indeseable, se clasifica como “ruido”. El potencial de producción de ruido aumenta con el incremento del caudal de salida y de las demás especificaciones.

## SELECCIÓN DEL VENTILADOR (2)

**Espacio disponible para el ventilador:** En muchas ocasiones el espacio disponible para ubicar el ventilador puede convertirse en un obstáculo para adquirir el ventilador más económico. Espacios reducidos no permitirán utilizar ventiladores de gran tamaño, los cuales deberán ser remplazados por turbinas de menor tamaño que suministren las mismas condiciones de operación para el sistema.

**Capacidad económica:** De las muchas alternativas que pueden satisfacer unos requerimientos de caudal, de presión estática y necesidades específicas de salida, la mejor selección será la que resulte más económica. Se debe considerar el costo inicial del ventilador, los costos de operación y los costos de mantenimiento.

**Sistema de distribución:** Los sistemas de distribución del aire, tales como ductos (circulares, rectangulares), bifurcaciones, cambios en la dirección del flujo, variaciones del área transversal de los ductos y tipo de aplicación (secado, ventilación, refrigeración), son factores que afectan la curva característica del sistema y por ende, influyen en el tipo de ventilador adecuado.

Si las condiciones de operación del sistema son constantes, se debe seleccionar el ventilador para operar con **su máxima eficiencia**; para condiciones de operación variables, se debe seleccionar de tal manera que las condiciones de operación estén en el rango **de máxima eficiencia factible**.

# VENTILADORES USADOS



EQUIPO	MARCA	POTENCIA (HP)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /seg)	ALCANCE (m)	Diámetro (cm)	RPM	Peso (Kg)	Nivel de ruido (dB)
Ventilador	Breezer 36 - 1075	0,5	5,19	30	91,4	1075	18	83
Ventilador	Breezer 36 - 825	0,5	5,19	30	91,4	825	20	73
Ventilador	Breezer K	0,5	5,19	30	91,4	1075	17	78
Recirculador de aire	Gandiclima DAIX – 13T	0,5	3,6	30	65,4	900	22	60
Recirculador de aire	Gandiclima DAIX – 18/5TT	0,74	5,13	50	78	650	28	64



**GRUPO DE TECNOLOGÍA DE  
INVERNADEROS Y AGROPLASTICULTURA**