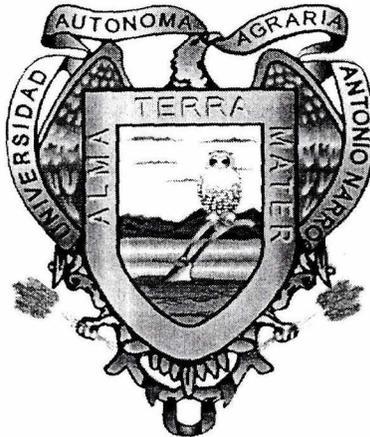


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“ ESTRÉS CALÓRICO EN GALLINA DE POSTURA Y POLLO  
DE ENGORDA “**

**POR**

**RAFAEL MARÍN PACHECO**

**MONOGRAFÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

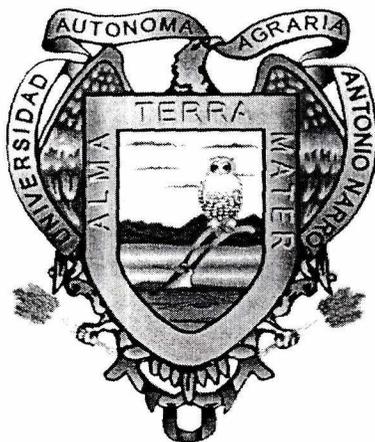
**TORREÓN, COAHUILA**

**NOVIEMBRE DE 2004**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“ ESTRÉS CALÓRICO EN GALLINA DE POSTURA Y POLLO  
DE ENGORDA “**

**POR**

**RAFAEL MARÍN PACHECO**

**ASESOR**

**M.V.Z. J. ALFONSO AMAYA GONZALES**

**MONOGRAFÍA**

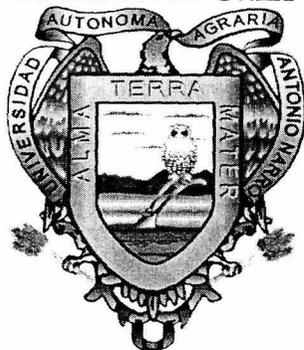
**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“ ESTRÉS CALÓRICO EN GALLINA DE POSTURA Y POLLO  
DE ENGORDA “**

**MONOGRAFÍA**

**APROBADA POR EL COMITÉ  
PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**M.V.Z. J. ALFONSO AMAYA GONZALEZ**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL  
DE CIENCIA ANIMAL**



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

---

**M.V.Z. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

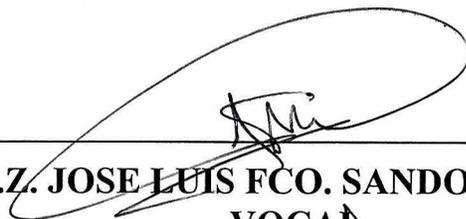
**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**“ ESTRÉS CALÓRICO EN GALLINA DE POSTURA Y POLLO  
DE ENGORDA “**



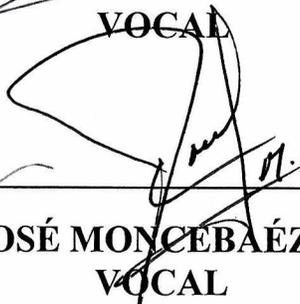
---

**M.V.Z. J. ALFONSO AMAYA GONZÁLEZ  
PRESIDENTE**



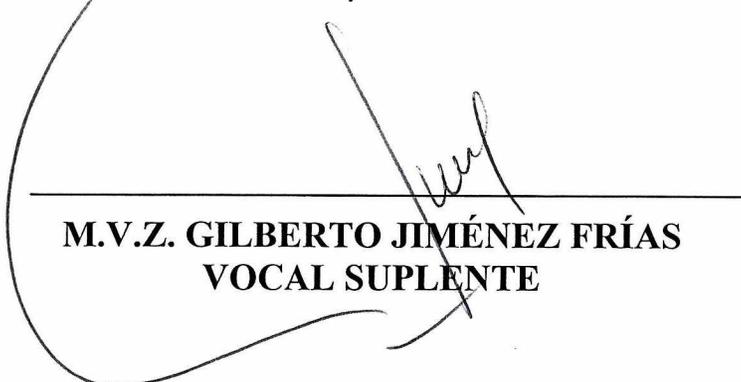
---

**M.V.Z. JOSE LUIS FCO. SANDOVAL ELÍAS  
VOCAL**



---

**M.C. JOSÉ MONCEBAÉZ PÉREZ  
VOCAL**



---

**M.V.Z. GILBERTO JIMÉNEZ FRÍAS  
VOCAL SUPLENTE**

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios**, por haberme dado lo mas preciado, La vida, la Fé y la fuerza para seguir adelante y lograr mis ideales. Gracias Señor por haberme ayudado siempre a levantarme de cada tropiezo, siendo cada vez mas fuerte.

**A mi “Alma Mater”** por haberme cobijado en su seno durante 5 años y por haberme permitido formarme en sus aulas, ahí donde se forjan los hombres.

**A todos mis maestros**, Quienes siempre formaran una parte importante en mi profesión y les aseguro que sus consejos y enseñanzas darán fruto.

**A mi asesor**, El M.V.Z. Alfonso Amaya González, gracias a su guía y sus consejos se logró satisfactoriamente la culminación del presente trabajo.

**A mis amigos**, A todos mis compañeros de la sección “F” con quienes compartí grandes e inolvidables momentos, les deseo mucho éxito.

**A mis dos mejores amigos de la generación**, Kike y Tamalatzi, les agradezco su valiosa amistad y gracias por poder contar siempre con ustedes.

**A mi amigo de toda la vida**; Mi primo Toño, quien ha sido como un hermano para mí, gracias por compartir conmigo todos los buenos momentos y por acompañarme en los malos también, porque cada vez que necesité una mano, tu siempre me tendiste las dos, me siento afortunado de ser tu amigo, gracias hermano.

**A mi amigo Cheo y su esposa**, gracias por su amistad y su amabilidad.

**Al profesor Jorge Luis Reyes**, Le agradezco por todos sus consejos y por ser mas que un profesor, sino un gran amigo.

Y en general, **le agradezco a todas aquellas personas que hicieron posible mi formación, gracias.**

## DEDICATORIA

*A mis Padres:*

LÁZARO MARÍN CASTAÑEDA Y VICTORIA PACHECO NIETO

*Les dedico este trabajo como símbolo de agradecimiento por todos sus sabios consejos, por su amor y cariño. Les viviré eternamente agradecido por todo el apoyo que me brindaron y por haber confiado siempre en mí, les aseguro que no los defraudaré. Quiero que sepan que ustedes han sido mi inspiración para seguir adelante, son ejemplo de lucha y amor abnegado, creo que no hay mayor fortuna que tenerlos como Padres, por eso y mucho mas, mil gracias Papás, los amo y que Dios los bendiga.*

*A mis hermanos:*

JOSEFINA,

GLORIA,

LETY,

LÁZARO

Y

VÍCTOR.

*Por brindarme su cariño y su comprensión, así como también por su apoyo moral y económico, gracias hermanos, los quiero.*

*Quiero hacer un margen especial de gratitud a mi hermana Josefina, quien renunció a muchas cosas por el bienestar de nuestra familia, mil gracias hermanita que Dios y la Vida siempre te llenen de Bendiciones, te quiero.*

*A mis sobrinos:*

OMAR (q.e.p.d), FREDY Y CECILIA.

*Quienes mas que sobrinos, son como hermanos para mí, los quiero mucho.*

EDUARDO, OMAR ALEJANDRO Y EMIR,

*A pesar de haber compartido poco tiempo con ellos, les aseguro que mi amor por ellos es inmenso.*

*A mis Abuelos y Abuelas, A mis tíos, y a toda mi Familia, les dedico este trabajo con mucho cariño y respeto.*

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| Agradecimientos.....   | I         |
| Dedicatoria.....   | II        |
| Índice.....  | III       |
| Índice de figuras.....   | VI        |
| Índice de cuadros.....   | VII       |
| <br>   |           |
| <b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>1</b>  |
| <br>   |           |
| <b>2.- ANTECEDENTES.....</b>   | <b>4</b>  |
| <br>   |           |
| <b>3.- GENERALIDADES.....</b>  | <b>5</b>  |
| 3.1.-Definiciones de estrés.....   | 5         |
| 3.2.- Tipos de estrés.....   | 7         |
| 3.2.1.- Estrés por calor.....  | 8         |
| 3.2.2.- Estrés Por amoniaco.....   | 8         |
| 3.2.3.- Estrés por humedad.....  | 9         |
| 3.2.4.- Estrés por deficiencia de ventilación.....                                     | 9         |
| 3.2.5.- Estrés por manejo.....   | 9         |
| 3.2.6.- Estrés por pelecha.....  | 9         |
| 3.2.7.- Estrés social.....   | 9         |
| <br>   |           |
| <b>4.- CLASIFICACION DE LOS ANIMALES DE ACUERDO A SU<br/>TEMPERATURA CORPORAL.....</b> | <b>10</b> |
| 4.1.- Poiquiloterms.....   | 10        |
| 4.2.- Homeoterms.....  | 11        |
| <br>   |           |
| <b>5. LA TEMPERATURA DEL AVE Y FUENTES DE CALOR.....</b>                               | <b>12</b> |
| 5.1.-La temperatura corporal del ave y sus variaciones.....                            | 12        |
| 5.2.- Zona de <i>neutralidad térmica</i> .....   | 15        |
| 5.3.- Temperatura letal del ave.....   | 17        |
| 5.4.- Producción de calor en las aves.....   | 18        |
| 5.5.- Factores que influyen sobre la temperatura corporal del ave.....                 | 23        |
| 5.6.- Factores predisponentes al estrés por calor.....                                 | 26        |
| 5.6.1. Rápido crecimiento.....   | 26        |
| 5.6.2. Factores genéticos.....   | 26        |
| 5.6.3. Ambiente y manejo.....  | 26        |
| 5.7. Aclimatación y tolerancia al calor.....   | 27        |
| 5.7.1. Mecanismo de adaptación de las aves al calor.....                               | 32        |
| 5.8. La humedad y el estrés por calor.....   | 33        |
| 5.8.1. Relación Temperatura(T°) – Humedad Relativa (hr).....                           | 34        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6. TERMOBALANCE Y FISILOGIA DE LA TERMORREGULACION DE LAS AVES.....</b>  | <b>36</b> |
| 6.1. La disipación de calor en las aves.....                                | 37        |
| 6.1.1. Radiación.....   | 40        |
| 6.1.2. Conducción.....  | 41        |
| 6.1.3. Convección.....  | 41        |
| 6.1.4. Pérdida de calor por evaporación (Jadeo).....                        | 42        |
| 6.2. Termorregulación en las aves jóvenes.....                              | 44        |
| <b>7. FISIOLÓGIA DEL JADEO Y LA ALCALOSIS RESPIRATORIA.....</b>             | <b>45</b> |
| 7.1. ¿Que es jadear?.....   | 45        |
| 7.1.1. Jadeo etapa I.....   | 47        |
| 7.1.2. Jadeo etapa II.....  | 48        |
| 7.2 Factores ambientales que pueden provocar la disnea (Jadeo).....         | 49        |
| <b>8. FISIOPATOLOGÍA DEL ESTRÉS POR CALOR.....</b>                          | <b>50</b> |
| 8.1. Fisiopatología del estrés.....   | 50        |
| 8.2. Fisiopatología del estrés por calor.....                               | 52        |
| 8.2.1. Alcalosis respiratoria.....  | 53        |
| 8.2.2. Alteraciones en el equilibrio electrolítico.....                     | 53        |
| 8.2.3. Influencia sobre el metabolismo del calcio.....                      | 55        |
| <b>9. EFECTOS DEL ESTRÉS CALÓRICO EN LAS AVES.....</b>                      | <b>56</b> |
| 9.1. Efectos sobre la producción.....                                       | 56        |
| 9.2. Consecuencias productivas del estrés calórico.....                     | 60        |
| 9.3. Efecto sobre el equilibrio electrolítico.....                          | 64        |
| 9.4. Factores que influyen en las pérdidas debidas al estrés por calor..... | 66        |
| <b>10. DETECCIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO.....</b>                               | <b>66</b> |
| 10.1. ¿ Como detectar que un ave esta bajo estrés calórico?.....            | 66        |
| <b>11. MEDIDAS DE CONTROL, MANEJO Y PREVENCIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO.....</b> | <b>68</b> |
| 11.1 Manejo de la alimentación de las aves bajo estrés calórico.....        | 69        |
| 11.1.1. Manejo del alimento.....  | 69        |
| 11.1.2. Restricción alimenticia (Ayuno).....                                | 70        |
| 11.2. Manejo nutricional durante el estrés por calor.....                   | 73        |
| 11.2.1. Energía y aminoácidos.....  | 73        |
| 11.2.2. Proteínas.....  | 76        |
| 11.2.3. Vitaminas (requerimientos durante el estrés).....                   | 77        |
| 11.2.4. Fibra dietética.....  | 79        |
| 11.2.5. Bicarbonato de sodio.....   | 79        |
| 11.2.6. La importancia del Zinc en la dieta.....                            | 81        |
| 11.2.7. Calcio y Calidad de la cáscara.....                                 | 83        |
| 11.3. Manejo del agua.....  | 86        |

|  |     |
|--|-----|
| 11.3.1. Temperatura del agua.....  | 87  |
| 11.3.2. Fortificación del agua con minerales.....  | 88  |
| 11.4. Diseño de alojamientos para el control del estrés por calor.....                     | 90  |
| 11.4.1. Orientación de las casetas.....  | 90  |
| 11.4.2. Altura y ancho de casetas.....   | 90  |
| 11.4.3. Aleros y paredes.....  | 90  |
| 11.4.4. Aislamiento térmico.....   | 91  |
| 11.4.5. Otros puntos a considerar.....   | 87  |
| 11.4.6. Factores de riesgo ligados a la construcción.....                                  | 92  |
| 11.4.6.1. <i>Camas húmedas</i> .....   | 92  |
| 11.4.6.2. <i>Cambio de temperatura</i> .....   | 93  |
| 11.4.6.3. <i>Renovación de aire insuficiente</i> .....                                     | 93  |
| 11.4.7. Otras opciones de manejo en las casetas.....                                       | 93  |
| 11.5. Control ambiental en las casetas avícolas.....                                       | 95  |
| 11.5.1. Factores que condicionan el ambiente.....  | 96  |
| 11.5.2. ¿Qué es la ventilación?.....   | 97  |
| 11.5.3. Objetivos y normas de ventilación.....   | 98  |
| 11.5.4. Tipos de ventilación.....  | 94  |
| 11.5.4.1. <i>Ventilación natural por cortinas</i> .....                                    | 99  |
| 11.5.4.2. <i>Ventilación por recirculación de aire</i> .....                               | 99  |
| 11.5.4.3. <i>Ventilación por presión negativa y positiva</i> .....                         | 100 |
| 11.5.4.3.1. Ventilación por presión negativa.....  | 101 |
| 11.5.4.3.2. Ventilación por presión positiva.....  | 102 |
| 11.5.5. Sistemas de ambiente controlado.....   | 103 |
| 11.5.5.1. <i>Ventilación túnel</i> .....   | 104 |
| 11.5.5.2. <i>Sistema de enfriamiento evaporativo</i> .....                                 | 106 |
| 11.5.5.2.1. Refrigeración por fogging.....   | 106 |
| 11.5.5.2.2. Enfriamiento evaporativo por paredes húmedas.....                              | 107 |
| 11.5.5.3. <i>Condiciones de un sistema de ambiente controlado</i> .....                    | 112 |
| 11.5.6. Aislamiento y cobertura de casetas.....  | 113 |
| 11.5.6.1. <i>Los factores a tener en cuenta en selección de un material aislante</i> ..... | 114 |
| 11.5.6.2. <i>Aislantes térmicos por reflectividad y barrera de vapor</i> .....             | 114 |
| 11.5.6.2.1. Productos.....   | 115 |
| 11.5.6.2.2. ¿Como trabaja?.....  | 115 |
| 11.5.6.2.3. Aislamiento reflectivo.....  | 116 |
| 11.5.6.3. <i>Comparación con otros materiales</i> .....                                    | 118 |
| 11.6. Otras medidas de manejo que deben tomarse en cuenta.....                             | 119 |
| 11.7. Tratamiento emergente del estrés calórico en una Parvada.....                        | 121 |
| <b>12. CONCLUSIONES</b> .....  | 122 |
| <b>13. BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | 124 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 1.</b> Interacción del animal con el medio.....  | 7   |
| <b>Figura 2.</b> Ilustración esquemática del ambiente de un animal.....  | 24  |
| <b>Figura 3</b> Relación entre temperatura y humedad relativa ambiente para determinar el estrés calórico en gallinas ponedoras..... | 34  |
| <b>Figura 4.</b> Esquemmatización de la pérdida sensible de calor.....   | 37  |
| <b>Figura 5.</b> muestra un resumen de cómo se lleva a cabo este cambio en la disipación de calor.....                               | 39  |
| <b>Figura 6.</b> Relación entre la T° ambiental y el balance térmico de las aves.....  | 43  |
| <b>Figura 7.</b> Pérdida de calor por evaporización de agua (jadeo).....   | 46  |
| <b>Figura 8.</b> Fisiopatología del Estrés.....  | 51  |
| <b>Figura 9.</b> Fisiopatología del estrés Agudo y crónico.....  | 52  |
| <b>Figura 10</b> Efecto de la Temperatura del Aire sobre el peso del huevo y sobre la producción.....                                | 61  |
| <b>Figura 11</b> Efecto de la T° sobre la eficiencia alimentaria.....  | 62  |
| <b>Figura 12.</b> Esquemmatización de la ventilación por presión negativa.....   | 100 |
| <b>Figura 13.</b> Esquemmatización de una caseta con ventilación túnel.....  | 105 |
| <b>Figura 14.</b> Enfriamiento del aire a través del panel.....  | 107 |
| <b>Figura 15.</b> Esquemmatización del enfriamiento evaporativo con túnel.....   | 109 |
| <b>Figura 16.</b> Efecto del aislamiento reflectivo de casetas avícolas.....   | 117 |

## INDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Temperatura óptima del medio ambiente recomendada en pollos de engorde a unos 10 cm de la cama en los años 1995 y 2000.....    | 13 |
| <b>Cuadro 2.</b> T° de confort del pollo de engorda por edad (días).....  | 17 |
| <b>Cuadro 3.</b> Balance de energía de un broiler de 2kg (kcal).....  | 19 |
| <b>Cuadro 4.</b> Producción de calor, humedad y heces por los pollos a 21°C por las variaciones de peso.....                                    | 20 |
| <b>Cuadro 5</b> (sin título) .....  | 22 |
| <b>Cuadro 6.</b> Factores del ambiente que pueden tener efectos directos e indirectos sobre el animal.....                                      | 25 |
| <b>Cuadro 7.</b> Relación entre T° recomendada (°C), humedad relativa (%) y la edad de los pollos de engorda.....                               | 35 |
| <b>Cuadro 8.</b> Métodos de Pérdida Sensible y Latente de Calor.....  | 38 |
| <b>Cuadro 9.</b> Producción de Calor Sensible e Insensible influida por la temperatura ambiente (gallinas Leghorn Blanca).....                  | 39 |
| <b>Cuadro 10</b> Efecto del consumo de alimento sobre el crecimiento y la mortalidad de aves estresadas por el calor .....                      | 56 |
| <b>Cuadro 11.</b> Efecto de temperatura sobre el consumo de alimento, peso corporal y tamaño de huevos.....                                     | 58 |
| <b>Cuadro 12.</b> Estrés Térmico y Temperatura Ambiente.....  | 59 |
| <b>Cuadro 13.</b> Funcionamiento renal de los broilers a diversas temperaturas ambientales.....   | 63 |
| <b>Cuadro 14</b> Efectos del tiempo de retiro del alimento sobre la habilidad de Los parrilleros para sobrevivir al estrés calórico agudo ..... | 71 |
| <b>Cuadro 15.</b> Efecto del nivel energético de la dieta sobre el consumo de energía de ponedoras.....   | 74 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Cuadro 16.</b> Efecto de la adición de zinc al alimento.....  | 83  |
| <b>Cuadro 17</b> Efectos de la T° del agua y KCl en aves estresadas por calor.....                                       | 88  |
| <b>Cuadro 18.</b> Recomendaciones sobre el tipo de nave y la densidad adecuada para pollos.....                          | 91  |
| <b>Cuadro 19.</b> Relación entre la velocidad del aire y el efecto “ wind Chill “.....                                   | 104 |
| <b>Cuadro 20</b> Valor de resistencia térmica (Aluminio) comparado con Otros aislamientos.....                           | 116 |
| <b>Cuadro 21</b> espesores necesarios de diferentes productos para lograr la equivalencia térmica de los materiales..... | 118 |

## I. INTRODUCCION.

Sabemos que el desempeño o productividad de los animales domésticos está fuertemente influenciado por el ambiente, los sistemas de manejo y las prácticas zootécnicas. El ambiente del animal, complejo e integrado por muchos componentes, tiene tanto efectos directos como indirectos sobre la productividad.

Durante los meses de verano en áreas templadas o durante la mayor parte del año en las regiones del trópico, las condiciones climáticas provocan una fuerte reducción en los rendimientos de las aves y en muchos casos alta mortalidad. A pesar de que la tendencia es a culpar a la alta temperatura como la principal causante del denominado "*estrés calórico*" en realidad es la combinación de altas temperaturas y alta humedad lo que verdaderamente provoca el problema, evitando el proceso termorregulatorio de las aves para la disipación efectiva del calor producido del metabolismo de las mismas. Incluso podríamos pensar en que el mayor efecto adverso lo ocasiona la alta humedad, ya que se ha demostrado que las aves pueden manejarse mejor y producir eficientemente con altas temperaturas si la humedad relativa se mantiene dentro de rangos permisibles o por debajo de 50%.

A pesar de que el objetivo de esta presentación es establecer las alternativas del manejo nutricional y ambiental para reducir los efectos del calor, debemos entender en primera instancia lo que es el estrés calórico o "*estrés climático*". Además, es importante que el avicultor comprenda que el primer paso para combatir el estrés calórico es por medio de un control de los factores climáticos adversos que rodean a las parvadas. (Zumbado 2002)

Podemos encontrar dos formas de presentación de este problema, que son: ***El estrés por calor agudo*** que tiene lugar cuando las condiciones climáticas cambian radicalmente por un espacio breve de tiempo, generalmente solo por unos pocos días. Un aumento de las temperaturas de 10°C ó más en pocas horas puede provocar la muerte de todos los pollos, especialmente si se trata de reproductores pesados. ***El estrés calórico crónico*** producido por altas temperaturas, especialmente cuando estas vienen acompañadas por una humedad relativa extremadamente alta ó baja, deprime el crecimiento de los pollos y la producción de huevo (Álvarez et al 2002)

Este problema es de importancia en México, América central, el Caribe y la parte norte de América del sur, ya que se encuentran en el trópico y porque se registran

temperaturas mayores de los 30 °C con veranos muy calientes. Por otra parte en México y una pequeña parte de Venezuela y Colombia existen zonas áridas y semiáridas donde existen temperaturas extremas.(Banda 2001)

En Centroamérica y el Caribe la humedad relativa oscila entre 50 y 90% según la región. Esto indica que fácilmente las aves estarán bajo condiciones poco confortables para producir adecuadamente, es decir, que frecuentemente estarán bajo estrés calórico, dado que las temperaturas promedio en la mayoría de estas regiones también fácilmente tienden a superar los 25 °C durante gran parte del día. Estas combinaciones de temperatura y humedad son las que determinan el efecto de estrés calórico o climático sobre el peso del huevo, calidad de cáscara y número de huevos producidos.

Y bajo las condiciones actuales de producción, las características genéticas y metabólicas de las estirpes, el pollo de engorda de hoy en día es sujeto a factores estresantes, el efecto de los cuales es aditivo. La susceptibilidad al estrés calórico se debe a que la producción de calor metabólico aumenta conforme la tasa de crecimiento es mayor, mientras la capacidad para disipar ese calor permanece igual. El ave bajo estrés calórico depende cada vez más del enfriamiento evaporativo de la respiración, pero conforme la tasa de esta aumenta, la producción de calor también. ( G. Teeter 1995)

Adicional al estrés por calor, las aves enfrentan permanentemente el estrés del confinamiento por la competencia que provoca la alta densidad animal con que trabajan las explotaciones modernas, especialmente con gallinas en jaula. En general, al estrés calórico o climático se suman otros tipos de estrés como el nutricional, fisiológico, ambiental, social, etc. que complica aun más la situación de manejo adecuado de las aves en zonas de climas adversos. (Zumbado 2002)

El estrés calórico en las gallinas, de forma general reduce la calidad y la producción del huevo y el pollo de engorda baja el consumo de alimento y por consiguiente una pérdida de peso. Los planteamientos nutricionales para minimizar sus efectos han incluido cambios en la energía dietética, porcentaje de proteína y vitamina C. El estrés por calor puede presentarse de una forma crónica, resultando en cambios de conducta, bajo consumo de alimento y un amplio rango de anormalidades

metabólicas incluyendo la elevación de la temperatura corporal, desbalances electrolíticos, ácido-básicos y hormonales, así como daños titulares. Un estrés más severo o agudo puede tener como resultado una elevación de la temperatura corporal a niveles fatales para el ave. Cabe mencionar que el estrés calórico no ocurre únicamente en países tropicales del mundo comúnmente asociadas con altas temperaturas y/o humedad. Esto también ocurre en áreas templadas, sobre todo cuando el pico de la temperatura durante los meses de verano puede producir problemas ambientales en casetas bien aisladas.

Las condiciones mencionadas requieren una combinación de medidas de manejo y nutricionales, que con frecuencia es difícil seleccionarlás porque algunas son totalmente opuestas.

Por lo tanto un conocimiento profundo de la fisiología y del comportamiento aviar son esenciales.

De tal manera, el estrés por calor es una importante causa de pérdidas en la producción avícola alrededor del mundo. (Teeter 1995)

## 2. ANTECEDENTES.

La gallina es uno de los pocos animales domésticos cuyos ancestros se desarrollaron en zonas tropicales. Las mismas son capaces de mantener un gradiente térmico elevado con el medio externo, partiendo de su alta temperatura orgánica profunda; poseen, adicionalmente, un mecanismo de refrigeración evaporativa muy perfeccionado. A pesar de que las gallinas no poseen glándulas sudoríparas y muestran una cubierta aislante de plumas, las incluyen entre los animales que presentan mayor tolerancia al calor.

No obstante lo anterior, en las condiciones en las que son explotadas, existen resultados que señalan notables afecciones en la producción cuantitativa y cualitativa de huevos, así como de carne, en el fisiologismo y en la conducta atribuibles a la exposición de las aves a condiciones de alta temperatura.(Pérez R. et al 1997)

Es universalmente aceptado que el estrés calórico afecta notablemente el comportamiento de las ponedoras. En las condiciones en que habitualmente son explotadas en las zonas tropicales y subtropicales, abundan los resultados, que señalan notables afectaciones productivas, fisiológicas y conductuales atribuibles a la exposición de estas aves a condiciones de alta temperatura.

En el caso del pollo de engorde, los modernos son más susceptibles a sufrir de estrés por calor que sus ancestros, esto se debe a que estos últimos no tenían un crecimiento tan acelerado como los pollos de hoy, que genéticamente han sido mejorados y alcanzan pesos elevados en poco tiempo, ya que consumen más alimento y por consiguiente, producen más calor en el metabolismo del mismo, mientras que la capacidad para disipar el calor sigue siendo el mismo.

Aunado a esto, cabe mencionar que el clima de hoy, no es la misma que la de hace algunos años, sobre todo lo que respecta al calor.(Pérez 1997)

### 3. GENERALIDADES.

#### 3.1. Definiciones y clasificación de estrés.

Se ha discutido desde hace mucho tiempo, acerca de la manera mas adecuada para definir lo que es el “**estrés** “. Se ha propuesto una serie de planteamientos, entre ellos el de sustituir el término “*Estrés*” por el de “*Distres*”, esto del término en inglés “*disstres*” que significa sufrimiento, dolor o angustia, basándose en el hecho de existir estas peculiaridades como características de la situación que se presenta en el individuo que atraviesa este tipo de problema. (Ilender 1995)

Literalmente, el significado de la palabra “estrés “ es “tensión “.

Por lo general, el término *estrés* es usado para describir los varios estímulos ambientales y metabólicos de suficiente intensidad los cuales son una amenaza para la homeostasis y bienestar de las aves.

La primera definición de estrés fue desarrollada por el Dr. Hans Séyle en el año de 1936, y se refirió de esta manera:

***Estrés:*** Es la respuesta e intento de adaptación a un estímulo, en que dicho estímulo recibe el nombre de *Factor estresante* y la respuesta al estímulo como *estrés*. Ahora bien, este estímulo tiene la característica de desviar el estado normal de homeostasis; puede variar en grado que va desde un estímulo mínimo y corto a uno intenso o acentuado que puede llegar a provocar la muerte del individuo.

El organismo percibe su medio (y con ellos los factores estresantes, estímulos) a través del Sistema Nervioso Central el que a su vez emite una respuesta que puede manifestarse solamente con un simple cambio de conducta (desplazarse a otros lugares)

Cannon 1929, describe al estrés como una reacción de urgencia dada por un estímulo al que hay que hacer frente (huir o pelear) iniciado por la actividad del Sistema Simpático que provoca la liberación de adrenalina y noradrenalina.(Escorcía 1996)

De forma general, el Dr. Seyle describe al estrés en tres etapas, el cual denominara como *Síndrome General de Adaptación*. 1ª Etapa) **Reacción de alarma**, el cuerpo reconoce el estrés y se prepara para la acción, ya sea de agresión o de fuga. Las glándulas endocrinas liberan hormonas que aumentan los latidos del corazón y el ritmo respiratorio, elevan el nivel de azúcar en la sangre, incrementan la transpiración, dilatan las pupilas y hacen más lenta la digestión; 2ª Etapa) **Resistencia**, El animal busca adaptarse y puede llegar a superar el estrés. Sin embargo, si el estrés continúa, el cuerpo permanece alerta y no puede reparar los daños. Si continúa la resistencia se inicia la tercera etapa, **El agotamiento**, cuya consecuencia puede ser una alteración producida por el estrés. La exposición prolongada al estrés agota las reservas de energía del cuerpo y puede llevar en situaciones muy extremas incluso a la muerte. (Ilender 1995; Escorcia 1996)

Según ILENDER Corp. El **estrés** corresponde a un estado de desadaptación del organismo por la presencia o subsistencia de un estímulo causante de la alteración de la constancia de las características del medio interno (homeostasis) (Ilender 1995)

Otra de las definiciones de estrés, es: Cualquier condición o influencia adversa que tienden a alterar el funcionamiento estable y normal del cuerpo y sus partes y que generalmente es negativo para el bienestar del animal. (Carpenter 1995)

En ultima instancia, Galaz (2004) se refiere al estrés de la siguiente manera, dando varios puntos de vista:

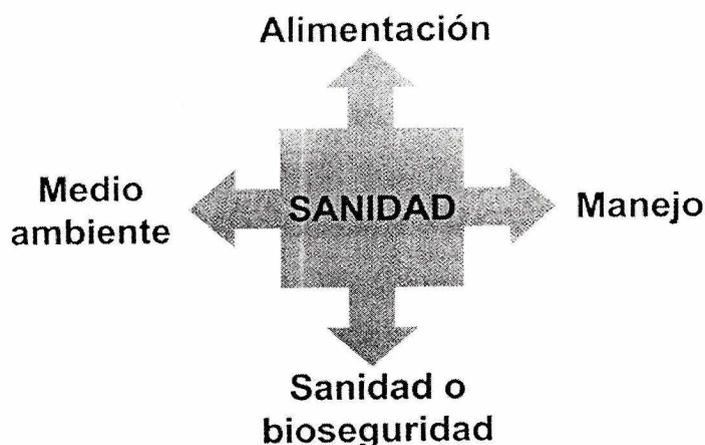
El estrés o stress, es un proceso físico-químico o emocional productor de una tensión, que puede llevar a la enfermedad física.

Estado de desequilibrio emocional y homeostático causado por hechos físicos o psicológicos que son lesivos para el individuo.

El estrés es la respuesta del cuerpo a condiciones externas que perturban el equilibrio.(Figura 1)

El estrés, es un proceso dinámico de interacción entre el sujeto y el medio. (Galaz 2004)

Figura 1. Interacción del animal con el medio



Fuente: Galaz 2004

El **estrés por calor** es un estado de tensión en el pollo ó en la gallina ocasionado por condiciones de temperatura y humedad altas, que constituye una condición peligrosa debido a que las aves presentan incapacidad para mantener las funciones normales de su organismo desencadenando un choque nervioso que puede originar la muerte por falla respiratoria y paro cardiaco (Banda 2003.)

### 3.2. Tipos de estrés.

Pueden encontrarse varias clases de estrés en las aves, los cuales a continuación se mencionan.

Temperatura:

- Frío
- Calor, sus efectos se agudizan con la humedad.

Gases:

- Amoniaco
- Monóxido de carbono
- Bióxido de carbono

Manejo:

- Corte de pico.
- Transporte

- Vacunaciones
- Tendencias de las aves por establecer jerarquías. (Picotazos)
- Densidad de población (Canibalismo)

Humedad.

Polvo.

Pelecha forzada.

Estos son solo ejemplos, el orden en que se presentan no implica la importancia de los mismos. A continuación presentamos una breve descripción de lo que es cada uno de ellos:

### **3.2.1. Estrés por calor**

Un factor importante y por el cual la avicultura sufre grandes pérdidas, es el hecho de que la tensión por calor muchas veces pasa desapercibida y el único efecto aparente es una reducción en el ritmo promedio de crecimiento y en la eficiencia de conversión de alimento o en la producción de huevo. (Escorcía 1996)

Como las aves carecen de mecanismos de sudoración presentes en otras especies, el único recurso que les queda para eliminar calor es por medio de la evaporación a través del aire expirado, por lo que se inicia el jadeo con el fin de optimizar la eliminación de calor, esto provoca que el ave elimine mayor cantidad de CO<sub>2</sub> de la sangre lo que disminuye la presión parcial del mismo. El organismo ante esta situación responde utilizando sus reservas de bicarbonato dando como consecuencia un trastorno fisiológico conocido como *alcalosis respiratoria*. ( Cockshott 2004; Escorcía 1996)

### **3.2.2. Estrés por amoniaco**

El amoniaco (NH<sub>3</sub>) se produce por degradación bacteriana de los compuestos como la gallinaza que contienen Nitrógeno. El calor y la humedad contribuyen a que esto se lleve a cabo.

Se dice que ante la presencia de 40 ppm de amoniaco en casetas provoca una inflamación ocular de las aves y el hombre, lo cual predispone a la ulceración de la conjuntiva.

### **3.2.3. Estrés por humedad**

El exceso de humedad en la cama predispone a las enfermedades y tiende a aumentar los malos olores ( $\text{NH}_3$ ) y provoca la proliferación de las larvas de moscas. También aumenta la producción de huevo sucio y fomenta la reproducción de hongos.

La respiración y pérdida de calor se dificulta a medida que aumenta la temperatura ambiental y la humedad relativa.

### **3.2.4. Estrés por una ventilación deficiente**

La ventilación abastece de oxígeno a las aves, saca el aire viciado y elimina el exceso de humedad. En crianza elimina el monóxido de carbono producido por las criadoras, y también elimina el polvo de la cama y los olores extraños.

### **3.2.5. Estrés por manejo (corte de pico)**

El corte de pico a cualquier edad provoca un estado de tensión e induce a una reducción en el consumo de alimento durante varios días.

### **3.2.6. Estrés por pelecha**

Debido a la tensión de la pelecha forzada, se pueden desencadenar enfermedades además de que aumenta la mortalidad.

### **3.2.7. Estrés social**

Un ejemplo es la histeria aviar, que se caracteriza por nerviosismo extremo, seguido inicialmente por vocalizaciones ruidosas y vuelo desorganizado sin razón aparente, para continuarse con ocultamiento o amontonamiento en áreas restringidas o debajo de implementos o equipo. Como agentes causales relacionados con este problema se atribuyen factores de conducta y ambientales: deficiente control de la humedad, la temperatura, la ventilación y la iluminación. (Escorcia 1996)

## 4. CLASIFICACION DE LOS ANIMALES DE ACUERDO A SU TEMPERATURA CORPORAL.

Los animales se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo a la regulación de su temperatura corporal, estos grupos son *Poiquiloterms* y *Homeoterms*, también conocidos como *Ectoterms* y *endoterms* respectivamente. Pero más comúnmente se conocen como animales de sangre fría y animales de sangre caliente.

Las formas homeotermas, como aves y mamíferos, han desarrollado unos medios complejos metabólicamente “caros” para mantener su temperatura corporal dentro de unos límites determinados. Las formas poiquiloterms (invertebrados, peces, anfibios y reptiles) no poseen tales mecanismos, por lo que su temperatura se aproxima a la del ambiente en que se desenvuelven (Hardy 1976)

### 4.1. Poiquiloterms:

Poiquiloterms (del griego *poikilos*, ‘diverso’, ‘diferente’; *thermos*, ‘caliente’), característica de los organismos llamados ectotérmicos o “de sangre fría”, que no pueden regular significativamente su temperatura corporal generando calor. A diferencia de los animales homeotermos (también denominados endotérmicos o “de sangre caliente”), el rendimiento metabólico de los poiquiloterms varía con la temperatura exterior. Esto ocurre en todos los animales excepto aves y mamíferos.

Los poiquiloterms pueden absorber calor del sol (helioterms) o del medio circundante o el suelo (tigmoterms) y, de esa manera, pueden regular su temperatura mediante el comportamiento. Por ejemplo, los lagartos pueden aumentar su temperatura corporal tomando el sol y acumulando ese calor durante un cierto tiempo. Esta dependencia del medio externo hace que estos animales no puedan colonizar zonas muy frías. (Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2002.)

Los animales poiquiloterms permanecen, en mayor o menor medida, cautivos del medio, pues su actividad y su supervivencia están en todo momento en función de la temperatura ambiente. De tal modo, los poiquiloterms tratan de mantener su

temperatura conforme a la del ambiente, es decir tratan de aproximar de algún modo su temperatura corporal a la de su medio externo. Los organismos acuáticos raramente sobrepasan los 35-40°C de temperatura. Otro punto interesante que cabe mencionar es que la concentración de cristaloides en los fluidos corporales de los animales acuáticos rebaja el punto de congelación de sus tejidos a valores inferiores al del agua que los rodea, gracias a lo cual no se congelan y pueden permanecer por debajo del agua que queda por debajo del hielo.

A la vez los poiquiloterms se dividen en otros subgrupos que son los poiquiloterms acuáticos y los poiquiloterms terrestres y estos en vertebrados e invertebrados. (Hardy 1976)

#### **4.2. Homeoterms:**

La **Homeotermia**, es la capacidad de ciertos organismos, llamados endotérmicos o "de sangre caliente", para regular su temperatura corporal y mantenerla en un valor aproximadamente constante.

En esta clasificación tenemos a los mamíferos y a las aves, que son organismos únicos por poseer la capacidad de regular la temperatura interna de su cuerpo en unos límites estrechos y frente a grandes fluctuaciones de las temperaturas ambientales. Esta capacidad de regular la temperatura interna del cuerpo actúa simplemente equilibrando la ecuación:

$$\text{Producción de calor} = \text{Pérdida de calor}$$

El hecho de llamar endotermos a los animales homeoterms se basa a su forma de producir calor y a su baja conductividad térmica, lo cual significa que su temperatura corporal depende de su propia actividad oxidativa. Es decir, los animales homeoterms responden a los cambios de temperatura del interior de su cuerpo, modificando adecuadamente la producción metabólica de calor y la pérdida del mismo por la superficie (ver termorregulación). (Hardy 1979)

El mantenimiento de una temperatura corporal estable, según una serie de entornos, requiere dos condiciones básicas. La primera, un sistema efector eficiente, es decir, una elevada producción de calor por vía metabólica y medios para influenciar su pérdida por la superficie del cuerpo. En segundo término, la producción y pérdida de calor deben ser capaces de asegurar una rápida adaptación respecto a los cambios de temperatura, tanto del cuerpo como del ambiente y deben existir medios sensitivos de integración de los mecanismos efectores termorreguladores.

La evolución de la homeotermia parece haberse limitado en un principio al desarrollo del aspecto efector de la termorregulación. Únicamente las aves y los mamíferos poseen una producción endógena de calor de suficiente magnitud como para asegurar una temperatura estable, la cual rebasa ampliamente la del medio de los habitats fríos. La pérdida de calor en las aves y mamíferos se ve reducido por un efectivo aislamiento térmico de la superficie del cuerpo, mientras que el control vasomotor de la circulación superficial y el desarrollo de las glándulas sudoríparas en los mamíferos aseguran una regulación mas perfecta de la pérdida de calor.(Hardy 1976)

## **5. LA TEMPERATURA DEL AVE Y FUENTES DE CALOR.**

### **5.1. La temperatura corporal del ave y sus variaciones.**

La temperatura corporal del ave es de alrededor de 41°C (106° F), esta temperatura se incrementa levemente durante el día y disminuye levemente durante la noche. (Quintana 1999; Cockshott 2004)

La T° de los órganos internos de las aves muestran mayor variabilidad que la de los mamíferos pues no hay una temperatura absoluta corporal. En el pollo adulto, esta variabilidad está entre 40.6 y 41.7°C (105 a 107°F). (North 1993; A. Quiles 2003). Un incremento de la temperatura corporal a 47°C sería letal, pero si el inicio del estrés por calor es repentino, a 45°C comenzará a elevarse la mortalidad. (Quintana 1999).

Si hay un promedio de T° ambiental de 28°C, la fluctuación promedio aceptable será de 4°C hacia arriba o por debajo. Si la tendencia del medio ambiente es que las temperaturas siguen subiendo, es mejor preparar a los pollos para los periodos mas críticos. Un aspecto interesante es la tendencia mundial para ambientar a los pollos en galpones con ventilación tipo túnel. Con el control de la ventilación y la T° se están colocando de 17 a 20 pollos por metro y muchas empresas piensan hasta 40 kg ó mas de carne por m<sup>2</sup>. Es aquí donde muchas empresas fracasan. Con altas densidades, el mayor peligro es que a partir de los 35 días de edad los pollos disminuyan el consumo de alimento por exceso de calor. Para solucionar este problema se debe manejar a nivel de pollos una T° ambiental de 17 – 18°C, que también debe ser el mínimo durante la noche para evitar que se afecte la conversión.

**Cuadro 1. Temperatura óptima del medio ambiente recomendada en pollos de engorde a unos 10 cm de la cama en los años 1995 y 2000.**

| Edad en días   | 1  | 2  | 7  | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| T° ( °C ) 1995 | 34 | 33 | 29 | 28 | 26 | 24 | 23 | 22 |
| T° ( °C ) 2000 | 34 | 32 | 28 | 26 | 24 | 22 | 18 | 17 |

**En lotes de pollos con alta densidad (17 a 20 pollos / m<sup>2</sup>), a partir de los 35 días de edad se deben manejar temperaturas promedios de 17 a 18°C a nivel de las aves para mantener el crecimiento de los pollos.**

En general, los pollos de engorde están en un ambiente confortable cuando a partir de los 21 días de edad el diferencial de T° , durante las 24 horas del día, no sobre pasa los 8°C, es decir, es aceptable una fluctuación de +/- 4°C, tomando en cuenta que a esa edad necesitan una T° de 24°C promedio. De tal manera si durante el día la temperatura máxima es de 30°C y por la noche la mínima es de 20°C y esta situación se repite frecuentemente, los pollos tendrán dificultad en manejar el diferencial de temperatura. En la cría de pollos se debe llevar un control y registro de las temperaturas mínimas y máximas.(Aviam farms 2001)

A pesar de esto pueden observarse algunas variaciones, como las siguientes:

1. La T° de los pollitos recién nacidos es casi de 39.7°C (103.5°F), posteriormente se elevará diariamente hasta alcanzar una cifra constante en el adulto alrededor de las tres semanas de edad.
2. Las razas pequeñas tienen mayor temperatura corporal que las grandes.
3. La temperatura corporal en los machos es ligeramente mayor que en las hembras, probablemente como resultado de un mayor índice metabólico y considerable uso muscular.
4. La actividad aumenta la temperatura corporal. Por ejemplo, la de las aves en el piso es mayor de las que se encuentran en jaulas. Comúnmente Las gallinas de postura y sus reemplazos son explotados en jaula, por ello no tienen acceso a buscar por si mismas una zona de confort.
5. Las aves que comienzan a emplumar tienen mayor temperatura que las que ya lo están.
6. Las aves que empollan tienen menor temperatura que las que no lo hacen. Evidentemente el índice del metabolismo en las gallinas empolladotas es mas bajo porque hay menor actividad muscular.
7. La temperatura corporal aumenta después que el alimento entra en el aparato digestivo.
8. La temperatura corporal del pollo es mayor durante los periodos de mayor intensidad luminosa que en los oscuros.
9. Existe la tendencia de aumentar el calor corporal cuando aumenta la temperatura ambiente. (North 1993)

En climas tropicales, subtropicales o desérticos, la temperatura no se puede bajar a 18°C, no debiéndose manejar tan alta cantidad de carne por mt. En general el límite máximo es de 30 a 32 Kg./m. Cada productor debe evaluar de acuerdo a las características ambientales y el tipo de mercado, cual es la máxima cantidad de carne por m<sup>2</sup> manejable, sin sufrir mucho en productividad por pollo ó por Kg. de pollo (revisar precio de venta y costos). Con mayor densidad sube el costo por Kg. de pollo, pero

aumenta el retorno de inversión por m<sup>2</sup>. Es muy evidente que en los países cálidos no se pueden adoptar los mismos criterios que se manejan en climas templados.

## 5.2. Zona de *neutralidad térmica*.

A continuación describiremos algunas definiciones que ciertos autores han planteado acerca de lo que es la zona de Neutralidad térmica, así como los diferentes nombres que se le han propuesto y los rangos en la que se encuentra.

La *zona Termoneutral* Es la zona ideal de temperatura en donde el cuerpo del ave tiene un gasto mínimo de energía para enfriarse o calentarse. Esta zona puede encontrarse dentro del rango de temperaturas de unos 16 a 23 °C. Arriba o debajo de esta zona termoneutral el cuerpo aumenta sus necesidades de energía para calentarse o enfriarse. Si la temperatura continúa alterándose fuera de ambos extremos hasta alcanzar la temperatura mínima o máxima crítica (zona "termoletal"), se llega al punto en que el organismo no puede sobrevivir. ( Zumbado 2002)

Según Quiles (2003), se conoce con el nombre de *zona neutral térmica* a aquellos límites de temperatura ambiente entre los cuales las aves llevan a cabo pequeñísimos cambios en la producción calórica. Es también llamada *zona de confort térmico* o conocida por algunos como *zona de bienestar de las aves*. Cuando la T° ambiente se eleva por encima o cae por debajo de los límites de la zona de neutralidad térmica (temperatura crítica superior ó temperatura crítica inferior, respectivamente), se incrementa la producción calórica. La zona de neutralidad térmica para gallinas adultas oscila entre 12 y 24°C. La temperatura crítica superior disminuye a medida que aumenta la edad. La temperatura orgánica profunda a la que muere la gallina durante la hipertermia se conoce como temperatura letal superior. Y esta en la gallina adulta es de aproximadamente de 47°C.

La zona de neutralidad térmica para la gallina aumenta con la edad, si el plano de la alimentación se eleva o si la gallina llega a aclimatarse a temperaturas ambientes mas bajas. El incremento de la producción calórica en la temperatura crítica inferior se debe principalmente a los escalofríos. (Quiles 2003)

Las aves siempre tienden a mantener una temperatura corporal constante. La temperatura corporal de las aves es de aproximadamente 41°C. Un aumento en esta a 47°C es letal, pero dependiendo de un imprevisto aumento de estrés por calor, se han detectado mortalidades a los 45°C. Con el fin de mantener la temperatura corporal tan constante como sea posible, la pérdida de calor del cuerpo debe ser igual al calor producido como resultado de su digestión, absorción y metabolismo. Las aves están constantemente regulando su temperatura corporal, pero como ellas no pueden transpirar como los humanos, usan otras partes del cuerpo para reducir su temperatura como las piernas, alas, barbilla, y de todas las partes del cuerpo desprovistas de plumas, así como a través de la respiración. (Orozco 2002a)

Cuando Los pollitos llegan a la caseta, y se encuentran con la T° de confort, la mayor parte de la energía del alimento es utilizado para el crecimiento. En general, la conversión es de 1:1 o sea, un consumo de 150 g de alimento significa 150 g de peso corporal.

La T° corporal esta determinada por el balance entre el calor producido en el cuerpo por el metabolismo y la cantidad de calor perdido hacia el medio ambiente. En condiciones óptimas, existe un equilibrio entre el calor producido por las aves y la cantidad de energía que eliminan, la temperatura ambiental donde se presenta este balance se conoce como zona de neutralidad térmica ó termoneutralidad. Para aves de apartir de 4 semanas de edad, que es cuando están completamente emplumadas, la zona de termoneutralidad se encuentra de los 18 a 20°C, aunque algunos autores consideran que 25°C son aun tolerables. (Banda 2001)

La temperatura de confort de los pollos de engorda varía de acuerdo a su edad. En el cuadro 2 se presentan datos por semana. (Orozco. 2002a)

**Cuadro 2. T° de confort del pollo de engorda por edad (días)**

| <b>EDAD</b> | <b>PESO (GR.)</b> | <b>CONSUMO DE ALIMENTO ACUMULADO (GR)</b> | <b>CONVERSIÓN BRUTA</b> | <b>T° IDEAL DE CONFORT °C</b> |
|-------------|-------------------|---|-------------------------|-------------------------------|
| 0           | 38-40             |   |                         | 34                            |
| 7           | 145               | 111                                       | 0.77                    | 27.5                          |
| 14          | 351               | 354                                       | 1.01                    | 24                            |
| 21          | 665               | 767.5                                     | 1.15                    | 21.5                          |
| 28          | 1039              | 1, 374.5                                  | 1.32                    | 20                            |
| 35          | 1491              | 2200                                      | 1.48                    | 18.5                          |
| 42          | 1995              | 3220                                      | 1.61                    | 17                            |

Fuente: Orozco 2002a

Según Álvarez et al, las condiciones mas favorables para el crecimiento de pollos de engorde en la etapa de finalización es de los 20°C y los 25°C con variaciones no muy pronunciadas si la temperatura aumenta hasta los 28°C, considerándose que esas temperaturas constituyen el límite crítico superior de la zona de termoneutralidad, en pollos con pesos superiores a 1.5 Kg. ( Álvarez 2002; Angulo 1991)

Como regla general se ha demostrado en la industria avícola por muchos años que cada 1°C fuera de la temperatura de confort de las aves cuesta 0.4 puntos de conversión. Si hacemos un análisis económico de esta diferencia podremos realmente darnos cuenta de la gran cantidad de dinero que significa. ( Orozco. 2002a)

### **5.3. Temperatura letal del ave**

Como ya lo mencionamos la temperatura interna de un pollo es alrededor de 40°C a 42°C (104 a 107°F) y si esta temperatura interna llega a 43-45.5° C (110 a 114°F), mata al pollo. Es conveniente mencionar que los pollos resisten mucho mejor al frío que al calor ya que la temperatura de la cavidad de los pollos puede bajar a 24° C (75°F) y siguen vivos. La mala noticia es que la combinación del calor con la humedad, puede ser mortal. Según los investigadores, la combinación de los dos no debe sobrepasar los 160. Por ejemplo, cuando la temperatura es de 80° F y la Humedad

relativa es de 80%, las dos suman 160, y de tal manera, ahí comienza el estrés por calor. (Shane 1992)

Normalmente los pollos que mueren son los mas grandes y listos para la venta. Es interesante comentar que la mayoría de los pollos que sufren por los brotes de calor mueren en las noches. Es decir que los pollos sufren en el día, no pueden disipar el calor y como una esponja absorben todo el calor y mueren en la noche. (Nilipour H. 1999)

En la medida que la T° se eleva mas allá del punto crítico superior (28°C) de la zona de termoneutralidad, la morbilidad y la mortalidad tienden a incrementarse, con una disminución significativa del incremento de peso y el consumo de alimento.

#### **5.4 Producción de calor en las aves.**

El calor producido por un animal es el resultado de reacciones bioquímicas exotérmicas en sus tejidos, la energía para las cuales se obtiene, en última instancia, de los alimentos (Cuadro 3). Los sistemas vivos siguen *La primera ley de la termodinámica* o la ley de la conservación de la energía, la cual debe aplicarse al balance energético del organismo. Así pues:

*DOSIS TOTAL DE ENERGIA = PRODUCCIÓN DE CALOR+GASTO+RESERVA. (Hardy 1976)*

La producción de calor de una gallina en reposo y en ayunas es de alrededor de 2.75 calorías por gramo de peso vivo cada hora. Para una gallina de 1,818 gr. la producción de calor resultará en 5 kilocalorías o 20 BTU por hora y de 30 BTU para un pollo. La actividad normal causará un incremento en la producción de calor y el consumo de alimento también generará un incremento extra proporcional a la cantidad de materia seca consumida. Un pollo de 2.500 Kg. Produce 42 BTU por hora (Banda 2001; Galaz 2004)

Las siguientes cifras muestran la producción de BTU de pollas ponedoras:

- Ponedora Leghorn estándar.....40 BTU / hora / ave
- Gallina de huevo pardo..... 45 BTU / hora / ave
- Gallina de tipo de carne..... 55 BTU / hora / ave (North 1993)

**Cuadro 3. Balance de energía de un broiler de 2kg (kcal)**

| Alimento / día a 24°C | 0   | 50 g | 100 g | 150 g |
|-----------------------|-----|------|-------|-------|
| Prod. calórica        | 192 | 204  | 212   | 236   |
| Pérdida sensible      | 160 | 168  | 180   | 192   |
| Pérdida evaporativa   | 44  | 40   | 44    | 48    |
| Balance               | -12 | -4   | -12   | -4    |
| <b>35°C (96°F)</b>    |     |      |       |       |
| Prod. calórica        | 196 | 220  | 240   | 248   |
| Pérdida sensible      | 88  | 112  | 96    | 132   |
| Pérdida evaporativa   | 72  | 88   | 92    | 96    |
| Balance               | 36  | 20   | 52    | 20    |

Fuente: Lesson 2001

Teeter (1989) dice que si se aumenta 10 veces la frecuencia respiratoria, por cada gramo de agua evaporada por jadeo, se eliminan 0.54 kilocalorías de energía a 41.7°C (T° normal). (Ilender 1995)

Dice el Dr. Michael Lacy (2000), que una caseta llena de aves de 2.724 Kg. Producen casi ¾ partes de un millón de Btuís de calor cada hora, (esto es alrededor de la misma cantidad de calor producido por 20 criadoras “ del tipo de plato “). La mayoría del calor producido por un ave es cedido al aire que la rodea, provocando una elevación de la T° del aire cerca del ave. (Lacy 2000)

La situación mas eficiente de producción mínima de calor corporal es de alrededor de los 23°C (74° F). Por debajo de esta temperatura, (T° crítica inferior) las aves generalmente tienen que generar mas calor corporal para mantenerse calientes. Por encima de los 28°C (82° F), las aves comienzan a usar mas energía en un intento por refrescarse. (Lesson 2001)

**La situación mas eficiente de producción mínima de calor corporal es de alrededor de los 23°C (74° F). (Lesson 2001)**

Los datos sobre la producción de calor son muy variables porque las contribuciones incluyen: tipo de ave, (pollo de engorda, pollas en crecimiento, ponedoras, etc.), valor calórico del alimento, temperatura ambiental humedad relativa, etc. Se necesitan muchos datos para producir cifras acertadas y mostrar la influencia de cada una. Pero la producción de calor se discute como significado hacia la propia ventilación de la caseta, y como los requerimientos de ventilación no están bien establecidos, se ha creado un cuadro compuesto. (Cuadro 4)

**Cuadro 4. Producción de calor, humedad y heces por los pollos a 21°C por las variaciones de peso**

| Producción de calor |                      |              | Eliminación de humedad 100/aves/día |                   |                   |                                |
|---------------------|----------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| Peso promedio       | Peso promedio por kg | Por 100 aves | Eliminación Respiratoria            | Eliminación fecal | Eliminación total | Eliminación fecal/día/100 aves |
| (Kg.)               | BTU                  | BTU          | (Kg.)                               | (Kg.)             | (Kg.)             | (Kg.)                          |
| 0.5                 | 44.0                 | 2 200        | 7.2                                 | 2.4               | 9.6               | 4.4                            |
| 0.9                 | 31.9                 | 2 900        | 9.2                                 | 4.9               | 14.1              | 8.2                            |
| 1.4                 | 25.3                 | 3 450        | 10.5                                | 7.1               | 17.6              | 11.4                           |
| 1.8                 | 22.0                 | 4 000        | 11.4                                | 8.8               | 20.3              | 14.0                           |
| 2.3                 | 19.8                 | 4 500        | 12.4                                | 9.4               | 21.8              | 16.2                           |
| 2.7                 | 18.0                 | 4 950        | 13.3                                | 10.2              | 23.5              | 17.8                           |

Fuente: North 1993

El total de calor producido por un ave esta medida en Unidades Térmicas Británicas (BTU). Una BTU es la cantidad necesaria de calor para elevar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua que se encuentra a, ò aproximadamente 39.2°F temperatura en que se registra la máxima densidad de la misma. (Hardy 1976)

El pollo produce calor continuamente mediante los procesos metabólicos y la actividad muscular. Aunque hay muchos factores para el ligero aumento en la

temperatura corporal profunda, el incremento sería intenso si para el ave no fuera posible disipar el exceso de calor del cuerpo.

La posible producción de calor metabólico en porcentaje en las aves es de la siguiente manera:

- En músculo se genera (+/-) 80% en movimiento
- En hígado se genera (+/-) 15% en movimiento
- El resto de otras funciones (+/-) 5 % (Galaz 2004)

La información del cuadro 4 muestra que un ave de 1.8 Kg. (4 lb.) produce aproximadamente 40 BTU de calor por hora. Con base a una unidad de peso corporal ésta es solo la mitad de calor producido por un ave de 0.45Kg (1 lb.). Así debe tenerse en mente que el calor producido por una unidad de peso disminuye cuando un ave aumenta en tamaño y peso.

Si consideramos que un ave de producción tiene una  $T^{\circ}$  corporal de  $42^{\circ}\text{C}$  y está situada en un medio donde la temperatura es menor ( $25^{\circ}\text{C}$ , por ejemplo) éste se convertirá en un radiador, eliminando calor por radiación y haciendo variar ligeramente la  $T^{\circ}$  del ambiente que la rodea debido al pequeño valor de la conductividad del aire. El calentamiento del entorno del ave estará en función de la proximidad a que se encuentre de otro radiador, o sea, del espacio que existe entre un ave y otra. Para analizar estas características decidimos calcular los gradientes de  $T^{\circ}$  para diferentes cantidades de aves por  $\text{m}^2$  de superficie en la nave.

Para comenzar el trabajo analizaremos la densidad de 25 aves por  $\text{m}^2$  (21 875 aves en cada nave de 875  $\text{m}^2$ ). Si las distribuimos uniformemente esto dará una separación de 20 cm entre cada par de aves, que es aproximadamente el espacio ocupado por el ave, o sea, una está al lado de la otra y en este caso el gradiente disipativo  $\frac{\Delta T}{S}$  ( $\Delta T$  es la diferencia entre la  $T^{\circ}$  del ave y la de su entorno y  $S$  la distancia a la que se produce esa diferencia) será prácticamente cero de manera que las aves no disipan calor por radiación ya que al lado de ellas siempre hay otro radiador a la misma temperatura.

De la misma manera se puede operar cuando se ubiquen 16 aves por m<sup>2</sup> (14 000 aves en cada nave de 875 m<sup>2</sup>) con una separación de 25 cm entre ellas. Aquí consideraremos que hay 10 cm de espacio entre aves y en los cálculos no tendremos en cuenta la interacción de un ave con otra sino el punto medio entre ellas. Con esas consideraciones llegamos al Cuadro 5. (Álvarez 2002)

**Cuadro 5**

| T° radiador<br>(ave)<br>(°C) | T° ambiente<br>(°C) | Distancia<br>entre aves<br>(cm) | Gradiente<br>de T°<br>(°C/cm) | Suma de<br>gradientes en<br>el punto<br>central (°C/cm) | T° ambiente<br>en el punto<br>central |
|------------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---|---------------------------------------|
| 42                           | 15                  | 10                              | 2.7                           | 5.4   | 20.4                                  |
| 42                           | 25                  | 10                              | 1.7                           | 3.4   | 28.4                                  |
| 42                           | 30                  | 10                              | 1.2                           | 2.4   | 32.4                                  |
| 42                           | 34                  | 10                              | 0.8                           | 1.6   | 35.6                                  |
| 42                           | 35                  | 10                              | 0.7                           | 1.4   | 36.4                                  |

Fuente: Álvarez 2002

Hay varios métodos de liberación de calor en las aves:

**Radiación:** Ocurre en la superficie de la piel del ave y escapa por radiación hacia otro objeto, por ejm: a otra ave

**Conducción:** Se produce cuando la superficie del ave entra en contacto con cualquier objeto a su alrededor, ya sea el aire u otro objeto material como cuando el ave se sienta sobre un piso frío.

**Convección:** Disipar calor al aire libre alrededor del ave, por ejemplo las aves abren sus alas para aumentar la superficie de la piel.

**Evaporación de Agua:** Es cuando usan un proceso de evaporación de la humedad por medio del recubrimiento húmedo del aparato respiratorio; esta es la mejor forma de perder calor del cuerpo del ave cuando la temperatura es alta.

**Excreción:** Una pequeña cantidad de calor se libera del cuerpo por medio de las excreciones.

Más adelante se describirán dichos procesos con más detalle.

## 5.5. Factores que influyen sobre la temperatura corporal del ave.

1. Edad: la temperatura orgánica de los pollos recién nacidos es inferior a la de las aves adultas, pero aumenta progresivamente hasta que se alcanzan los niveles de las adultas aproximadamente a los 20 días de edad, dependiendo de las razas. El incremento de la temperatura somática profunda con la edad parece estar asociado con el crecimiento del plumaje y con el incremento de la producción calórica que se produce en el ave durante el crecimiento.
2. Sexo: Se ha detectado que los pollos Leghorns blancos machos mantenidos a una temperatura ambiente de 22° C, tenían temperaturas rectales significativamente superiores a las gallinas adultas en condiciones similares. Esta observación está de acuerdo con el metabolismo más intenso de los pollos machos. Sin embargo, la diferencia sexual en la temperatura rectal de los pollos varía con la edad de las aves y con la temperatura ambiente.
3. Raza: A una temperatura ambiente de 22-24° C, las temperaturas rectales medias de gallinas Leghorns blancas y Rhode Island rojas son de 41,5 y 41,3° C, respectivamente.
4. Actividad: Cuando los pollos están confinados en jaulas y están relativamente inactivos, disminuyen sus temperaturas orgánicas.
5. Alimentación: La temperatura orgánica de las gallinas aumenta después de la ingestión del pienso y cuando se incrementa el plano alimenticio. Por el contrario, los periodos de ayuno disminuyen la temperatura orgánica.
6. Ritmo diurno: La temperatura corporal profunda de la mayoría de las aves varía de forma predecible durante el periodo de 24 horas. La variación diurna de la temperatura orgánica está relacionada, por tanto, con la variación en la actividad de las aves y probablemente también con los periodos de ingestión de pienso.
7. Temperatura ambiente: La temperatura orgánica de las gallinas varía con la temperatura ambiente, en el sentido de que cuando aumenta ésta última aumenta la temperatura rectal.
8. Muda: El aumento de la temperatura orgánica durante la muda es probablemente el resultado de un incremento en la producción calórica a causa de que el aislamiento de la gallina disminuye durante el cambio de pluma.

9. Incubación: Las gallinas que incuban tienen menos temperatura corporal que las que no lo hacen. Ello es debido a que el índice metabólico en las primeras es más bajo, como consecuencia de su menor actividad física. (Quiles 2003)
10. La complejidad del ambiente. El ambiente es la suma total de las condiciones externas y circunstancias que afectan la salud, el bienestar y desempeño productivo y reproductivo del ave.

**Comúnmente Las gallinas de postura y sus reemplazos son explotados en jaula, por ello no tienen acceso a buscar por si mismas una zona de confort. (Carpenter 1995)**

Como podemos ver en la ilustración esquemática del ambiente de un animal (Figura 2) el ambiente de cada individuo es la suma total de esas condiciones externas que lo afectan.

**Figura 2**

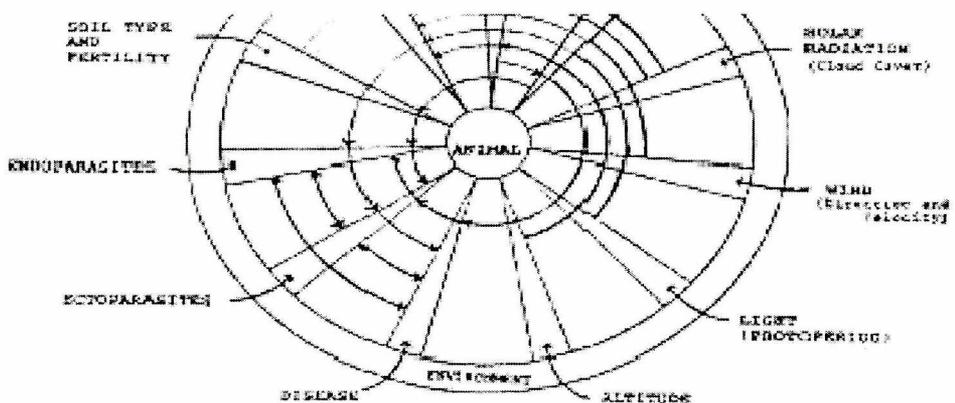
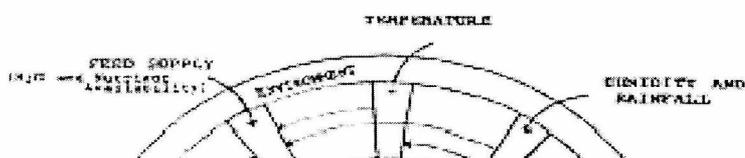


Figura 1. Ilustración esquemática del ambiente de un animal. (Modificación de McDowell, 1974 en: Cole y Ronning (editores), p. 458).



Fuente: Carpenter 1995

Las respuestas de los animales a los factores estresantes del ambiente de cualquier país varían mucho, pero en general, las respuestas o cambios son en las siguientes áreas:

1. **Comportamiento ingestivo** (consumo de agua, de fibra o forraje, de electrolitos y otros minerales);
2. **Parámetros biológicos**, temperatura corporal, tasa respiratoria, tasa cardiaca, tasa flujo sanguíneo, nivel de hormonas, composición sanguínea, susceptibilidad a enfermedades y secreción urinaria;
3. **Eficiencia Reproductiva**, Producción, tasa de crecimiento, condición corporal cantidad y calidad de carne y huevos
4. **Comportamiento** (agresión, aversión , patrones alimentarios, orden social, agrupamiento y vocalización, jerarquía (sobre todo en machos reproductores)

Existen muchos componentes importantes del ambiente del animal; unos pueden modificarse por medio del manejo, otros no. Las componentes susceptibles a manejo incluyen pH, fertilidad y humedad del suelo, edad, deficiencias nutricionales, enfermedades y sistemas de alimentación. Los componentes no manejables incluyen: el clima y topografía. Estos componentes del ambiente del animal también pueden tener efectos directos o indirectos (Cuadro 6) (Carpenter 1995)

**Cuadro 6. Factores del ambiente que pueden tener efectos directos e indirectos sobre el animal**

| Directos    |               | Indirectos   |              |
|-------------|---------------|--------------|--------------|
| Clima       | Manejo        | Suelo (tipo) | Otros        |
| Temperatura | Sol / Sombra  | Topografía   | Enfermedades |
| Radiación   | Instalaciones | Altitud      |              |
| Humedad     | Manejo        | Inclinación  |              |
| Vientos     | Nutrición     |              |              |
| Lluvia      | Agua          |              |              |

Fuente: Carpenter 1995

## 5.6. Factores predisponentes al estrés por calor

La zona de comodidad de las aves disminuye a medida que ellas avanzan en edad y crecen. Por lo tanto los avicultores pocas veces se preocupan por el estrés calórico en las aves jóvenes, pero lo hacen con más frecuencia a medida que ellas van madurando. (Wiernusz 1999)

### 5.6.1. *Rápido crecimiento*

Los pollos modernos sufren mas en épocas calurosas, entre ellos **los pollos de engorde** son mucho mas sensibles al estrés por calor. Estos pollos en las ultimas dos, tres décadas han cambiado totalmente, y los pollos modernos de hoy ganan de dos a tres veces mas peso diario. Con este crecimiento tan rápido, es obvio que los pollos van a perder su resistencia al calor extremo, y serán sumamente sensibles. Los pollos por su tasa de crecimiento tan rápido deben comer mucho alimento para sostener la demanda nutricional de su cuerpo. Comer tanto alimento y digerirlo también genera mucho calor dentro de la cavidad interna de los pollos, y esto puede ser fatal para ellos. (Nilipour 1999)

### 5.6.2. *Factores genéticos*

**Pulmones y corazones pequeños:** A los genetistas no les importa que tamaño de corazón o pulmón debe tener un pollo moderno, y no hacen su selección a base de este parámetro. Es cierto que los pollos de hoy crecen 2-3 veces mas rápido que los de hace unos años atrás, pero proporcionalmente tienen el mismo tamaño de pulmón y corazón. Esta es una de las razones básicas por las que los pollos sufren de los brotes de calor y pobre ventilación.

### 5.6.3. *Ambiente y manejo*

Otro de los factores clave a tener en cuenta es la **densidad de los lotes**. Al reducir la densidad de los lotes, se reduce también la cantidad de aves que producen calor y por consiguiente disminuye la cantidad de calor a eliminar de la nave para mantener la temperatura. Hoy en día la predicción del tiempo se puede saber con anticipación, y es posible planificar la densidad de los lotes teniendo en cuenta dicha

información, así como la T° y la h°, el tipo de nave, la capacidad del sistema de ventilación y el tipo de lotes a alojar. (Cockshott 2004)

El Medio de explotación, también influye en la intensidad del estrés calórico, por ejm, es común que las gallinas de postura y sus reemplazos son **explotados en jaula**, por ello no tienen acceso a buscar por sí mismas una zona de confort, es decir no pueden buscar zonas mas frescas dentro de la caseta con la finalidad de refrescarse, tal y como lo hacen los que son explotados en piso, que suelen echarse cerca de los bebederos para refrescarse, por lo que resulta una obligación de nuestra parte el proporcionarles la T° adecuada.

**Humedad Relativa:** Es otro de los factores que se puede considerar como predisponente al estrés calórico debido a que afecta la capacidad del ave para disipar calor por evaporación. La capacidad del aire para contener humedad aumenta conforme se eleva la temperatura, reduciendo la evaporación y por lo tanto la temperatura corporal se incrementa también. Unos de los responsables de la humedad en las casetas, son los foggers, los cuales no deben funcionar cuando la humedad relativa excede el 70%. (Teeter G. 1995)

## 5.7. Aclimatación y tolerancia al calor

*Aclimatación* es la denominación que se le da a los cambios que se presentan en los animales durante las exposiciones continuas o repetidas a un ambiente cálido o frío y que son beneficiosas para el animal. Exposiciones diarias de 4 horas al calor durante 24 días, fueron suficientes para inducir aclimatación en gallinas, a juzgar por las respuestas de la temperatura rectal al ambiente cálido. La frecuencia respiratoria y el volumen minuto de las gallinas aclimatadas al calor disminuyen por debajo de los valores de las aves control.

Se ha detectado que las gallinas criadas a una temperatura ambiente de 29,4° C desarrollan crestas mayores que las aves criadas a 22° C. En vista de la evidencia de que las crestas tienen una función termorregulador, parece razonable aceptar que la

pérdida calórica no evaporativa podría facilitarse en las gallinas con grandes crestas. Sin embargo, hay investigaciones que señalan que la extirpación de las barbillas tiene poco efecto sobre la reacción de las gallinas a los ambientes cálidos. Pero por otra parte, si es posible que después de la extirpación de las barbillas se produzca un incremento compensador de la pérdida calórica a partir de otras áreas del cuerpo. De hecho, existe evidencia de que la extirpación de crestas y barbillas da lugar a un incremento de la frecuencia respiratoria en las gallinas criadas en ambientes calurosos.

Una disminución del hematocrito, volumen plasmático y peso específico de la sangre parecen ser aspectos de la aclimatación a altas temperaturas ambientales. Experimentos recientes han demostrado que, tanto la presión sanguínea arterial como el gasto cardíaco son bajos en gallinas aclimatadas al calor. Estos resultados parecen indicar que no es característico de las gallinas aclimatadas al calor un alto nivel de flujo sanguíneo periférico, en contraste con los efectos inmediatos del calor sobre las gallinas. (Quiles 2003)

Existen diferencias en cuanto a la tolerancia al calor en función de la raza de gallina que se trate. Las Leghorn blancas han demostrado ser superiores en este aspecto a la mayoría de las razas; ello podría ser debido a la mayor propensión de esta raza a salpicarse agua al cuerpo. Sin embargo, se ha demostrado que las Leghorn blancas pierden más calor por evaporación, por unidad de peso vivo, que las Rhode Island rojas o las gallinas de cruce New Hampshire-Cornish. Por tanto, es posible que las Leghorn blancas tengan un mecanismo de refrigeración evaporativo mejor desarrollado que otras razas. También existe evidencia que la tolerancia al calor de las diferentes razas de gallinas, especialmente durante la exposición a la radiación solar, está relacionada con el color del plumaje. Así, las Leghorn blancas son más tolerables al calor que las Rhode Island rojas o las Leghorn blancas que tienen el plumaje artificialmente teñido de rojo. (Quiles A. 2003)

Otro punto que es importante enfatizar, es la resistencia al calor de los pollos de cuello implume.

La susceptibilidad de los pollos comerciales de rápido crecimiento de hoy al estrés calórico agudo y crónico resulta en un crecimiento reducido, elevada mortalidad y

pobre rendimiento. El gen de cuello implume, que resulta en una baja cobertura de plumaje, se ha demostrado estar asociada con la resistencia al estrés calórico como medida de supervivencia. Las aves con cuello implume también puede que tengan una ventaja en la respuesta a la tasa de crecimiento sobre las aves normalmente emplumadas bajo condiciones de estrés calórico crónico por encima de 30°C. El incremento de la temperatura corporal es una de las respuestas asociadas con el estrés por calor. May et al. (1987) sugirieron que la respuesta de la temperatura corporal es preferible en el momento de la supervivencia al estrés calórico o la mortalidad como una medida de aclimatación en pollos de engorda. El-Gendy y Washburn encontraron que cuando la temperatura corporal se eleva a una tasa relativamente mas baja, en respuesta al estrés calórico, el ave parece ser mas resistente al calor.

Estudios previos han indicado que hay una poca diferencia en la temperatura corporal entre las aves de cuello implume y las normales (.1 a .2°C menos en los pollos de cuello implume). (Eberhart & Washburn 1993)

La reducida cobertura de plumaje podría mejorar y elevar la disipación de calor y consecuentemente aliviar los efectos del calor en pollos criados en climas cálidos. Además, el plumaje reducido ahorra proteínas en las plumas, los cuales pueden utilizarse para los tejidos musculares.

El gen de cuello implume reduce la cobertura de plumaje en los pollos acerca de un 20 y 40% en estados heterocigotos y homocigotos respectivamente. Los efectos de este gen han sido ampliamente revisados, especialmente con gallinas de postura. El potencial de provecho de los pollos de cuello implume a ambientes de altas temperaturas fue estudiado a principios de los 80's pero su importancia llegó a ser mas aparente en los 90's. Estos estudios demostraron la ventaja de los pollos de cuello implume sobre sus contrapartes normalmente emplumadas, cuando se criaron a constantes altas temperaturas ambientales (por encima de los 30°C). El incremento en la temperatura corporal en altas temperaturas ambientales fue mas alta en aves normalmente emplumadas que en los pollos de cuello implume, debido al reducido plumaje de estos últimos. Consecuentemente, los de cuello implume mostraron un consumo de alimento mas alto, tasa de crecimiento y calidad de la carne que los normalmente emplumados. (Yalcin et al.1997)

Junto a las diferencias en cuanto a la tolerancia al calor entre las razas, existen también diferencias determinadas genéticamente intrarraza. Una mayor tolerancia al calor está relacionada con una mayor velocidad de crecimiento, así las gallinas más pesadas tienden a tener más problemas con las altas temperaturas ya que tienen menos superficie corporal para disipar calor por unidad de peso.

**Las razas mas pesadas tienden a tener mas problemas con el estrés calórico ya que tienen menos área superficial para disipar calor por unidad de peso.(Quiles 2003; Wiernusz 1999)**

Existe también una clara diferencia entre sexos con respecto a la tolerancia al calor, en el sentido que los gallos son mucho más tolerantes al calor debido en parte a la mayor pérdida calórica por parte de sus grandes crestas y barbillas, cuya área supone el 14% de total del área superficial del animal.(Quiles A. 2003)

Las evidencias indican que las aves que se aclimatan a edades tempranas, son mas aptas para sobrevivir un estrés de calor futuro (Cockshott 2004). La capacidad del pollito para sobrevivir al estrés calórico agudo se incrementa dramáticamente cuando es expuesto previamente a esta situación como ya se ha mencionado antes. Este fenómeno de aclimatarse, es comparable cuando la temperatura corporal de un ave aclimatada es mas baja que las de las aves no aclimatadas durante estrés calórico. Parte de la respuesta de aclimatarse se atribuye a la reducción del consumo de alimento. Sin embargo, Wiernusz en conjunto con teeter (1996) dicen que al aclimatar a las aves, estas logran repartir su producción calórica diaria hacia los momentos mas frescos del día. Estudios adicionales indican que raciones altas en grasas tienden a reducir los efectos de la aclimatación obligando al ave a producir altos niveles de calor.

Si el estrés calórico reduce el crecimiento, los esfuerzos por compensar la reducción en el consumo de alimento pueden no tener efectos positivos o simplemente engordar al ave. De hecho, muchos estudios publicados indican que el ave estresada por calor no es solo mas liviana sino también mas gorda en grasa total y abdominal incrementadas en un 0.8% Y 1.6% respectivamente, con cada grado de incremento de la T° ambiental. Esta respuesta lipogénica puede ser otra forma de aclimatización ya que el efecto neto es la producción de menos calor. (Wiernusz 1999; Tetter 1995).

Hay poca duda que la aclimatación de los pollos a altas temperaturas ambientales puede tener un marcado efecto en la tasa de crecimiento y mortalidad bajo condiciones extremas. Los pollos pueden rendir bastante bien bajo condiciones constantes de 30 a 35°C (86 a 89° F), pero si han sido mantenidos constantes a 25°C (76° F), mostraran un severo jadeo cuando repentinamente son expuestos a 35°C.

parece haber cierto beneficio en aclimatar a las aves usando periodos cortos de estrés térmico a temprana edad.

Yahav et al. (1996) reportaron resultados de pollos mantenidos a 35°C (96° F) de estrés térmico a los 42 días de edad, la mortalidad fue de 35%. Otro grupo de aves fue expuesto por 6 horas a 35°C a los 5 días de edad, y su mortalidad fue de aproximadamente 22%. De igual manera Teeter et al. (1992), indican que los pollos son capaces de controlar mejor su temperatura corporal cuando son expuestos a una aclimatación de estrés térmico a temprana edad. En este estudio hubo una menor T° corporal de 0.5°C (1° F) en las aves aclimatadas versus las aves controles, cuando todas fueron sometidas a temperaturas de 35°C. Tal acondicionamiento de la T° corporal es muy importante cuando la mortalidad es la mayor preocupación.

Por otra parte, Arjona et al. (1998) confirmaron que la aclimatación temprana de aves, es de mucha importancia a exposiciones posteriores mas severas. El estudio consistió en examinar los efectos del estrés calórico durante la primera semana de vida sobre la subsecuente mortalidad que resulta de la exposición a altas temperaturas ambientales. La exposición de las aves a altas temperaturas ambientales (35 a 37.8°C) a los 5 días de edad resultó en una significativa disminución en la mortalidad cuando las aves se expusieron a una situación de estrés por calor mas adelante en su vida productiva. Además la eficiencia alimenticia mejoró significativamente en las aves estresadas tempranamente considerando que el peso corporal y la ganancia de peso corporal no sufrieron efectos. (Arjona et al. 1998)

Los resultados de Teeter et al (1992) sugieren otro punto muy importante acerca de la aclimatación y reacción del pollo al estrés térmico. Estos investigadores midieron la temperatura corporal de las aves a diferentes niveles de consumo de alimento. Como se ha discutido previamente, la exposición a una pre-aclimatación condicionó un

aumento de la T° corporal. Sin embargo, en todas las aves hubo un aumento de la T° corporal, en la medida que aumentaban los niveles de consumo de alimento. Las aves aclimatadas al calor parecen beber agua y comer más bajo condiciones de estrés térmico. Por lo tanto, debido a que las aves aclimatadas están preparadas para comer más, esto lleva a una mayor carga calórica y de esta manera se puede perder la ventaja de una previa aclimatación. Por lo tanto, para que una previa aclimatación sea útil, parece ser necesario combinarla con algún grado de restricción alimento y así obtener máximos beneficios. Es probable que el enigmático efecto de “ un aumento” del consumo de alimento para aves aclimatadas sea el responsable de la variación en los resultados de las pruebas y los estudios de campo sobre aclimatación a estrés térmico a temprana edad. (Lesson 2001)

### **5.7.1. Mecanismo de adaptación de las aves al calor.**

Después de periodos largos de estrés crónicos, la respuesta medible es probablemente la *adaptación*, es decir, el ajuste ó cambio para acoplarse a la nueva y especial situación, o un cambio de comportamiento de un animal o un grupo de animales; por otro lado, la *aclimatación* es el ajuste fisiológico del individuo al ambiente a un clima diferente, especialmente a un cambio de clima o de altitud. (Carpenter 1995)

Tanto el desempeño animal (ganancia diaria de peso, producción de carne, etc.) como la eficiencia para convertir el alimento a productos animales, están en función de la energía metabolizable ingerida y la porción de esta que se necesita para mantenimiento. En la práctica la respuesta animal a la T° ambiente varía mucho, dependiendo de la edad, raza y fase de producción, grado de aclimatación, estado nutricional, tipo y frecuencia de alimentación, condición corporal, instalaciones, prácticas de manejo y comportamiento del grupo.

**Después de periodos largos de estrés crónicos, la respuesta medible es probablemente la *adaptación*.**

## 5.8. La humedad y el estrés por calor

La temperatura ambiente más alta que las aves pueden tolerar, sin un incremento progresivo de su temperatura orgánica depende, entre otras cosas, de la humedad del aire. El efecto de un incremento de la humedad es la disminución del gradiente de la presión del vapor acuoso entre la superficie evaporada del aparato respiratorio y el aire, de forma que se disminuye la pérdida calórica. A medida que aumenta la humedad relativa, la eficacia del enfriamiento por evaporación se reduce, aumentando de esta manera la temperatura corporal. Un incremento en la presión del vapor acuoso del aire, incluso a una temperatura del aire de 24° C, da lugar a una reducción de la pérdida calórica evaporativa en los gallos. Como la pérdida calórica total permanece constante hay un incremento correspondiente en la pérdida calórica no evaporativa.

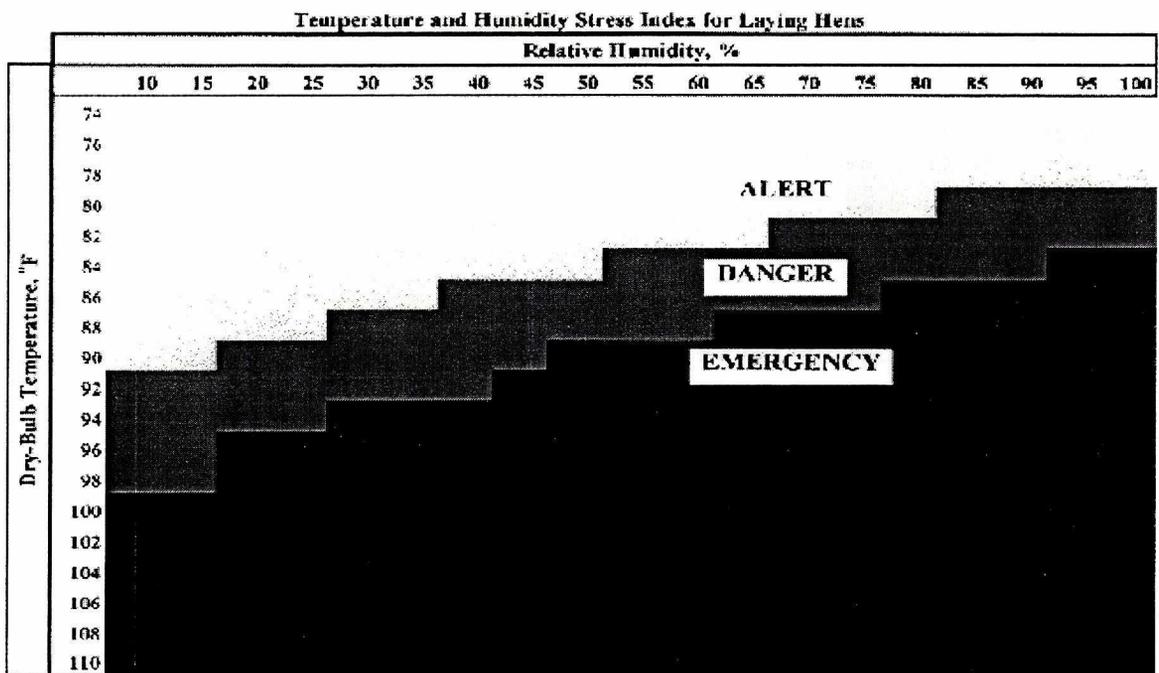
La importancia de la humedad a temperaturas ambientes altas está ilustrada por el hecho de que en una temperatura ambiente de 43° C la temperatura rectal de las gallinas es de 44,4° C cuando la humedad relativa es del 35% y de 46,8°C cuando la humedad es del 55%. ( Quiles 2003)

La humedad relativa tiene un gran impacto sobre el potencial del enfriamiento evaporativo del ave durante estrés calórico. La capacidad del aire para retener agua no es constante, incrementando dramáticamente con la temperatura. La humedad relativa nos proporciona un dato sobre la saturación del aire con agua a una temperatura establecida. A medida que aumenta la humedad relativa, la eficacia del enfriamiento evaporativo se reduce (la eficacia respiratoria disminuye), aumentando la temperatura corporal, a menos que se reduzca la producción de calor. (Wiernusz 1999)

La cama es una fuente de humedad muy significativa, por lo que es necesario manejarla con sumo cuidado para mantener los niveles de humedad relativa en la nave sin que supere el 70%.

**5.8.1. Relación Temperatura( $T^\circ$ ) – Humedad Relativa (hr):** La figura 3 muestra la relación entre la temperatura ambiente (bulbo seco) y la humedad relativa (%hr) con respecto a un índice de estrés calórico para ponedoras. Podemos interpretar en esta figura que por ejemplo, si las ponedoras están a 84 °F (29 °C) y una %hr de menos de 50%, apenas se encuentran en una zona de alerta con relativo poco riesgo de estrés calórico. Si la %hr sube de 55% con esa misma temperatura se cae en una zona de peligro y arriba de 90% hr se considera que están en una zona de emergencia con la posibilidad de una alta mortalidad. La suma de temperatura y %hr se ha utilizado como “índice calórico” para expresar conjuntamente el efecto mencionado. (Zumbado 2003)

**Figura 3 Relación entre temperatura y humedad relativa ambiente para determinar el estrés calórico en gallinas ponedoras**



Fuente: Zumbado 2002

En el siguiente cuadro podremos apreciar las relaciones de la temperatura y la humedad de acuerdo a la edad de las aves.

**Cuadro 7. Relación entre T° recomendada (°C), humedad relativa (%) y la edad de los pollos de engorda.**

| Edad en días | Humedad relativa |    |    |    |     | T<br>E<br>M<br>P<br>E<br>R<br>A<br>T<br>U<br>R<br>A |
|--------------|------------------|----|----|----|-----|---|
|              | >80              | 70 | 60 | 50 | <40 |   |
| 1            | 33               | 33 | 33 | 33 | 34  |   |
| 2            | 32               | 32 | 32 | 32 | 33  |   |
| 3            | 31               | 31 | 31 | 31 | 33  |   |
| 4 y 5        | 30               | 30 | 30 | 30 | 31  |   |
| 6 y 7        | 29               | 29 | 29 | 29 | 30  |   |
| 8 y 9        | 28               | 29 | 29 | 29 | 30  |   |
| 10-12        | 27               | 28 | 28 | 29 | 30  |   |
| 13-16        | 26               | 27 | 27 | 28 | 29  |   |
| 17-20        | 25               | 26 | 26 | 27 | 28  |   |
| 21-24        | 24               | 25 | 26 | 27 | 28  |   |
| 25-30        | 23               | 24 | 25 | 26 | 27  |   |
| 31-35        | 22               | 23 | 24 | 25 | 26  |   |
| >35          | 21               | 22 | 23 | 24 | 25  |   |

Fuente: Quintana 1999

## 6. TERMOBALANCE Y FISILOGIA DE LA TERMORREGULACION DE LAS AVES.

El balance térmico es la relación de producción de calor y su disipación. El crecimiento del pollo se basa en la ingesta del alimento, 60% de la energía metabolizable del cual tiene que ser eliminada por disipación de calor. Bajo temperaturas altas el ave trata de reducir la producción de calor, mientras que las medidas de manejo enfatizan el aumento del consumo para evitar la reducción de la tasa de crecimiento. El resultado de este choque de intereses va desde un éxito relativo hasta un fracaso total de la producción. (Lesson 2001)

La gran diferencia de las aves con respecto a otros animales domésticos es que éstas no poseen glándulas sudoríparas con las cuales regular la temperatura corporal, de ahí el hecho de ser mas sensibles a los brotes de calor y no pueden soportar las

temperaturas extremas por mucho tiempo. Adicionalmente a esto, las aves están cubiertas con plumas, lo que les dificulta más disipar el calor que se genera dentro de su cuerpo y el que viene de fuera, que son las temperaturas y la humedad excesiva en el ambiente. De tal manera que las gallinas cuentan con cuatro sistemas para llevar a cabo la termorregulación corporal (radiación, conducción, convección y evaporación de agua del tracto respiratorio). (Nilipour 1999; Quiles 2003; Grieve 2003)

Mediante estos mecanismos se disipa el calor corporal, ya que si no aumentaría la temperatura corporal profunda. La gallina produce calor constantemente mediante los procesos metabólicos y la actividad física. La pérdida de calor debe ser igual a la producida ya que de lo contrario la temperatura corporal profunda aumentaría. (Quiles 2003)

**La gran diferencia de las aves con respecto a otros animales domésticos es que éstas no poseen glándulas sudoríparas con las cuales regular la temperatura corporal, de ahí el hecho de ser más sensibles a los brotes de calor**

La pérdida de calor tiene lugar en la piel y pulmones, sea por pérdida de calor por radiación, convección, conducción ó evaporación.

Los mecanismos primarios, en virtud de los cuales persiste el control de la temperatura, incluye al Sistema Nervioso. En este sentido, la pérdida o conservación de calor se logra mediante el Sistema Nervioso Autónomo, dentro de su concurso en la regulación del riego sanguíneo de la piel.

La guía central para estas coordinaciones es **el centro termorregulador**, localizado en el hipotálamo anterior. Este centro responde a: 1) estímulos de los termorreceptores de la piel (superficiales) que se excitan por cambios de temperatura corporal y 2) estímulos de los receptores del hipotálamo profundos que responden a ligeros cambios de temperatura de la sangre, que riega esta zona del SNC. El centro termorregulador opera como un termostato fijado a 41°C que al responder a los estímulos superficiales y profundos de carga externa de calor, inicia la pérdida de calor mediante la vasodilatación. (Ilender 1995)

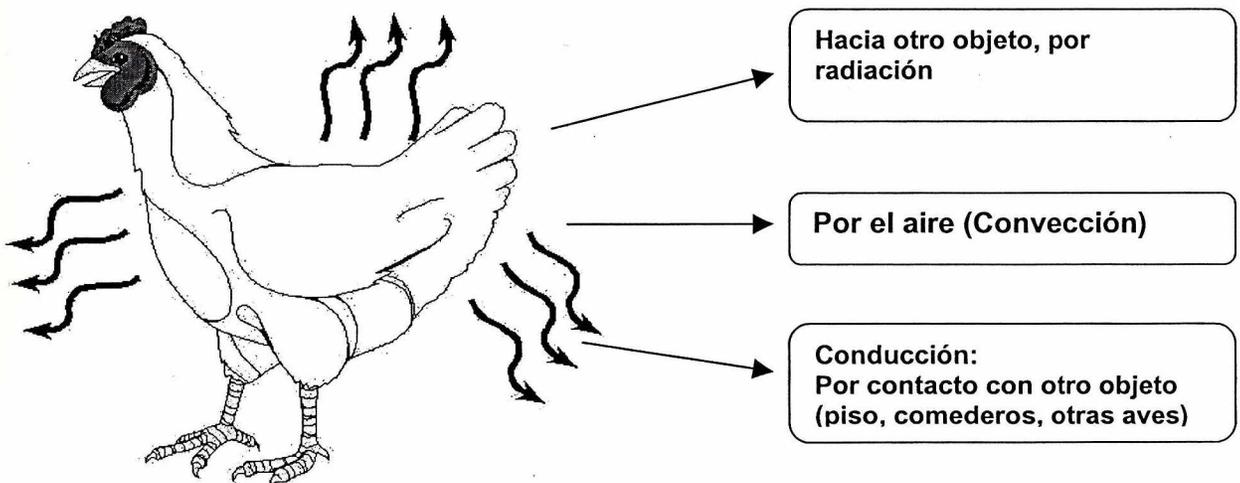
## 6.1. La disipación de calor en las aves.

Las aves sufren a temperaturas ambientales altas debido a que su cobertura de plumaje impide la disipación interna de calor. (Yalcin et al. 1997)

Como se mencionó anteriormente están implicados cuatro procesos físicos en la transferencia de calor del interior del cuerpo al entorno, estos son: *conducción*, *convección*, *radiación* y *evaporación*. Ignorando el 5% que se pierde por la orina y heces. Estos medios de disipación del calor tienen lugar a través de la piel (evaporación a través de la piel o sudoración solo en algunos mamíferos) así como por el tracto respiratorio, en este último únicamente tiene lugar la pérdida de calor por evaporación o comúnmente conocido como jadeo. (Hardy 1979)

Estos cuatro mecanismos de disipación de calor que tienen las aves para eliminar el exceso de calor se divide en dos grupos, en donde las tres primeras (conducción, convección y radiación) pertenecen a la **pérdida sensible de calor** ( Cuadro 9; Figura 5) las cuales son efectivas cuando la temperatura ambiente esta por debajo o dentro de la zona de Neutralidad térmica (zona de confort) que en las gallinas adultas es de 12 a 24°C (55 a 75° F). ( Anderson 1998)

**Figura 4. Esquematzación de la pérdida sensible de calor (Radiación, convección y conducción)**



**Cuadro 8. Métodos de Pérdida Sensible y Latente de Calor**

| Método de pérdida de calor  | Dirección del flujo de calor   |
|---|--|
| <b>Definición:</b><br>Métodos de pérdida sensible de calor  |  |
| <b>Radiación:</b><br>La energía térmica fluye sin la ayuda de un medio material entre dos superficies.  | Todas las superficies irradian calor y reciben radiación de regreso. <b>El flujo neto de la radiación de calor es de las superficies de mas alta temperatura a las de mas baja</b>   |
| <b>Conducción:</b><br>La energía térmica fluye a través de un medio o entre objetos en contacto físico  | La dirección de la transferencia de energía depende de un gradiente de T°; <b>El calor se mueve de áreas de mas alta T° a las de mas baja</b>  |
| <b>Convección:</b><br>El calor fluye a través de un medio fluente, tales como el aire; <i>La energía térmica se mueve por conducción entre una superficie sólida y la gallina de superficie más próxima a al aire, y la energía térmica es transportada continuamente por el flujo de aire sobre la superficie.</i> | La transferencia de energía hacia el aire depende de la T° y el movimiento del aire a través de la superficie de la piel; <b>El calor es transferido al aire que circula a través de la superficie de la piel, si el aire es de mas baja T° que la piel.</b> |
| <b>Método latente de pérdida de calor</b>   |  |
| <b>Evaporación:</b><br>Es la transferencia de calor cuando un líquido es convertido a gas; <i>Cuando el agua es convertido de líquido a vapor, se utiliza el calor.</i>   | La transferencia de energía es influenciada por la humedad relativa, la T° y el movimiento del aire; <b>El calor es transferido del cuerpo de los animales al agua, transformándola a vapor de agua.</b>   |

Fuente: Anderson 1998

Una vez que la temperatura ambiental llega a aproximadamente 25°C (77° F), el método de eliminación de calor empieza a cambiar de pérdida sensible de calor a **pérdida evaporativa de calor** ó también llamado **pérdida de calor latente** (Figura 5), que es la segunda clasificación y es a la que pertenece el *Jadeo*, también llamada *dísnea* por otros autores.(Anderson 2001; Soria 2001)

Figura 5. muestra en resumen de cómo se lleva a cabo este cambio en la disipación de calor.

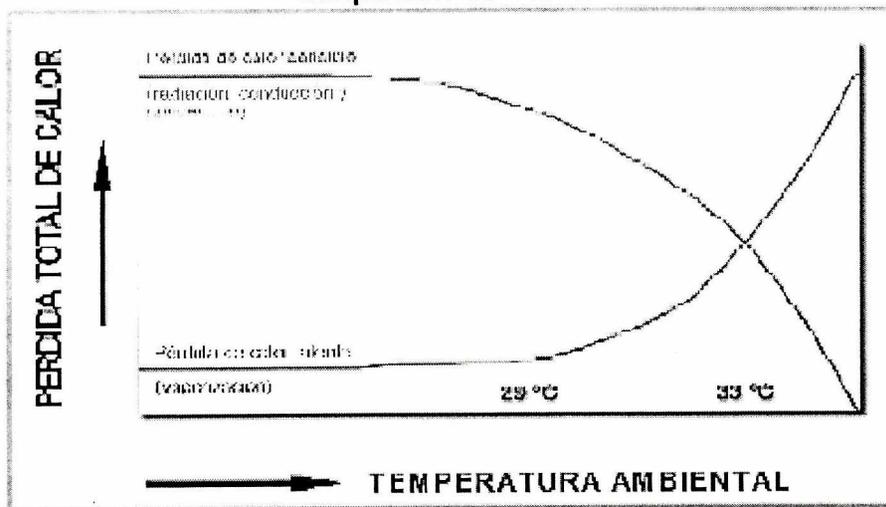


Fig.2. Efecto de la temperatura ambiental con respecto a las pérdidas de calor sensible y latente. Nótese la importancia de la pérdida relativa de calor latente a altas temperaturas ambientales con humedad relativa moderada.

Fuente: Soria 2001

**La pérdida sensible de calor** es el que causa que la temperatura de los alrededores (el aire o medio físico) se incremente. Tal calor es un producto final de la actividad muscular y del metabolismo del alimento consumido y este calor aumenta la temperatura del aire en torno a los pollos en la caseta. **La pérdida de calor insensible ó latente**, es el calor que se pierde del cuerpo eliminando la humedad en la respiración (Cuadro 10). Para vaporizar la humedad en los pulmones y en los sacos aéreos se requiere de calor y eliminarlo. Este no aumenta la temperatura de la caseta.

Cuadro 9. Producción de Calor Sensible e Insensible influida por la temperatura ambiente (gallinas Leghorn Blanca)

| Temperatura °C | Calor Sensible % | Calor Insensible % | Eliminación del calor sensible por hora |
|----------------|------------------|--------------------|---|
|                |                  |                    | Por Kg. de peso corporal (Btu )         |
| 4.4            | 90               | 10                 | 19.8                                    |
| 15.6           | 80               | 20                 | 17.4                                    |
| 26.7           | 60               | 40                 | 13.4                                    |
| 37.8           | 40               | 60                 | 9.5                                     |

Fuente: North 1993

En aproximadamente 21°C (70°F), el 75% del calor generado por el ave se pierde por radiación, conducción y convección. Pero el grado de pérdida está influido por la temperatura ambiente. Cuando el clima es fresco estos sistemas efectúan el trabajo, pero cuando las temperaturas del ambiente están cerca de la temperatura corporal del ave (41°C), estos apenas operan. (North 1993)

Un mecanismo importante en este proceso de regulación del calor es el control del flujo sanguíneo hacia los tejidos periféricos, especialmente la cresta, las barbillas y las patas. Cuando el ave necesita perder calor, aumenta el flujo sanguíneo hacia estas partes. Este proceso, conocido como vasodilatación periférica, traslada el calor desde el interior del cuerpo hasta la superficie, eliminándose hacia el exterior, en el medio ambiente que las rodea. (Cockshott 2004)

**Un mecanismo importante en este proceso de regulación del calor es el control del flujo sanguíneo hacia los tejidos periféricos, especialmente la cresta, las barbillas y las patas. (Cockshott 2004)**

La capacidad de la gallina para disipar el calor está influida por la temperatura de la piel y no de la corporal interna. A medida que la temperatura del aire que rodea el ave decrece, los vasos sanguíneos se contraen reduciéndose así la afluencia de sangre, y la cantidad de pérdida de calor del cuerpo. Cuando la temperatura del aire alrededor del ave es menor que de la superficie de la piel, los vasos sanguíneos se dilatan incrementándose el flujo y la cantidad de pérdida de calor. (North 1993)

A continuación describiremos cada una de las vías de disipación de calor que utilizan las aves durante un periodo cálido y así como se complica con la humedad .

### **6.1.1. Radiación**

Cuando la temperatura en la superficie del ave es mayor que la del aire adyacente la pérdida de calor del cuerpo es por medio de radiación y cesa cuando la temperatura del rededor baja o reduce el área superficial del ave. El calor en forma de ondas electromagnéticas se transfiere del cuerpo a superficies en el medio que están a menor temperatura que la piel o el plumaje.

El cambio de energía por radiación depende de la temperatura de las superficies que se están irradiando entre sí, sus posiciones relativas y la propiedad de radiación de las superficies. No depende de la temperatura del aire que las rodea. El flujo calorífico por radiación se propaga como ondas electromagnéticas en el vacío.

### **6.1.2. Conducción**

El calor puede transferirse directamente a objetos más fríos con los cuales el ave está en contacto, tales como la jaula, la cama o los pisos u otras aves. También a veces vemos que a los pollos les gusta sentarse debajo de los bebederos, donde cae más agua y la cama es más húmeda, esto con el fin de refrescarse.

Involucra la transferencia de energía de molécula a molécula, pero a diferencia de la convección no hay una translación de moléculas. La cantidad de calor eliminado depende de la conductividad térmica del medio. Objetos hacia los cuales se está perdiendo el calor, como los mencionados arriba.

De tal modo, de acuerdo con Quiles (2003), el estrés térmico afecta mucho más a las gallinas alojadas en baterías que a las de suelo, ya que las primeras no pueden escapar buscando lugares más frescos en la nave y pierden menos calor por conducción. Además hemos de tener en cuenta que en las baterías el aire es el medio conductor, y éste es un buen aislante térmico.

### **6.1.3. Convección**

Se refiere al movimiento de las moléculas de aire. Este aire al estar en contacto con el calor de la piel se vuelve menos denso y se mueve hacia arriba, siendo reemplazado por aire frío. Si el ave se expone al movimiento del aire, se puede perder mayor cantidad de calor por esta como es el caso del uso de los ventiladores o abanicos.

Es cuando aire frío entra en contacto con la superficie del ave, se calienta el aire; este se expande y el calor se desplaza de ahí pues el aire continúa su movimiento.

Cuando la temperatura del aire es mayor que la del ave se suman a la convección y a la conducción, la carga de calor corporal y solo de 10 a 25% del total de la pérdida de calor de la superficie corporal es mediante convección; el aumento en la velocidad del aire sobre el ave incrementará la eliminación.(Quiles 2003; Nilipour H. 1999)

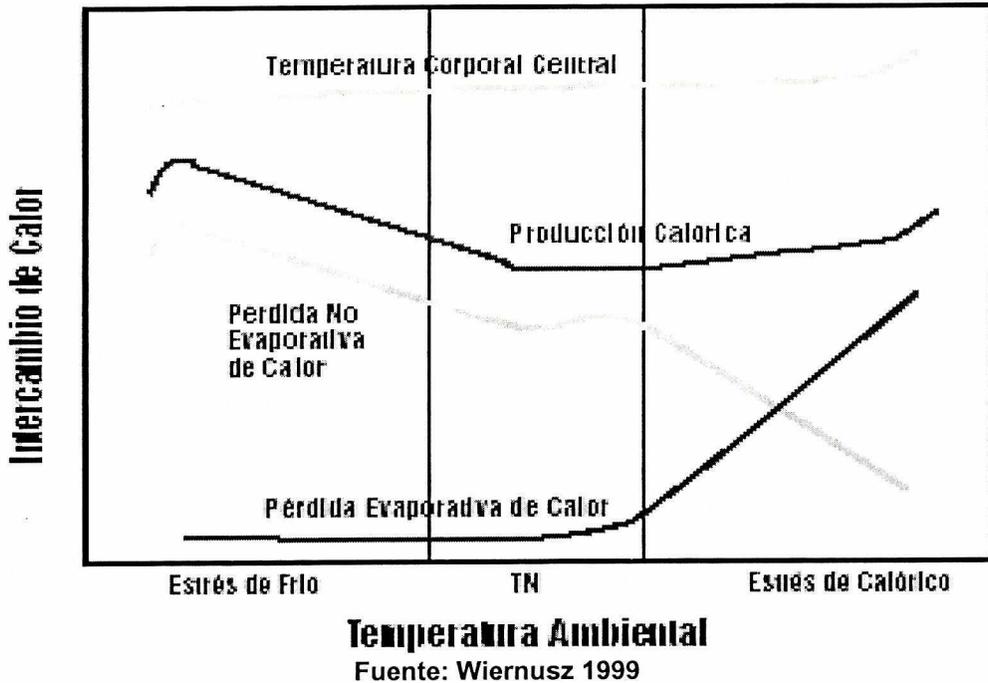
Cuando las temperaturas ambientales están entre 28° y 35°C (82° F y 95° F) las pérdidas de calor por radiación, conducción y convección son normalmente adecuadas para mantener la temperatura corporal del ave. Las venas en la piel del ave se dilatan, al igual que la barbilla y la cresta para que la temperatura corporal interna surja a la superficie de la piel y facilite la pérdida de calor por conductividad, convectividad o por radiación. (Grieve 2003)

Estos tres métodos naturales disponibles a los pollos para perder calor, normalmente funcionan bien y eficientemente sin generar calor. Sin embargo, cuando hay temperaturas excesivas de más de 29.5°C (85° F) combinadas con un alto porcentaje de humedad relativa (h°r), estos tres métodos no funcionan bien, pues los pollos comienzan a jadear.

#### **6.1.4. Pérdida de calor por evaporación (Jadeo).**

Conforme sube la temperatura ambiente, la disipación sensible de calor por radiación, conducción y convección es sustituida por la **pérdida de calor evaporativo** (Figura 6) a través de las membranas respiratorias, originando un efecto refrescante a partir de la evaporación de humedad de las mucosas oral, nasal y faringea; posteriormente de las superficies bronquiales y pulmonares. Los pollos de engorda sometidos a temperaturas superiores a los 35°C jadean conforme la temperatura corporal se eleva, aproximadamente 0.5°C, arriba de los límites fisiológicos normales de 41 a 42°C. A pesar de los mecanismos de adaptación, los pollos de engorda maduros sometidos a un aumento de 25 a 44 °C en la temperatura ambiente, manifiestan una elevación de 42 a 43°C en la temperatura corporal interna al cabo de 15 minutos. (Shane 1992; Banda 2001; Soria 2001; Cockshott 2004)

Figura 6. Relación entre la T° ambiental y el balance térmico de las aves.



De acuerdo a un estudio realizado por Skewes (1989), en condiciones de termoneutralidad, los mecanismos de convección y radiación son mas eficientes que la evaporación, sin embargo, a partir de los 32°C se abaten rápidamente los dos anteriores y el que adopta la mayor capacidad para eliminar el calor es la evaporación.

La *polipnea* ocasionada por altas temperaturas involucra un aumento en la respiración superficial, que tiende a incrementar la pérdida de calor por evaporación, mientras que se mantiene disminuida la respiración profunda. La reducción del volumen respiratorio se cree que restringe la hiperventilación a las superficies del aparato respiratorio, que no participan en el intercambio de gases entre la sangre y el aire del aparato respiratorio. De esta forma se aminora la posibilidad de eliminar de la sangre cantidades excesivas de anhídrido carbónico. El incremento del volumen minuto respiratorio da lugar a un aumento de la cantidad de agua que se evapora en el aparato respiratorio. El patrón de respiración superficial permite un máximo incremento en la evaporación con una mínima alteración de los gases sanguíneos, porque la ventilación aumentada se limita al espacio muerto del tracto respiratorio. Sin embargo, conforme se eleva la temperatura corporal, se incrementa la frecuencia respiratoria, hasta llegar a un nivel máximo para posteriormente declinar. Este cambio en la frecuencia respiratoria

se acompaña por la aparición de respiración profunda, mientras que la superficial disminuye. (Banda 2001; Quiles 2003)

Con el jadeo los pollos pueden disminuir su temperatura mas eficientemente. El jadeo es el método principal de las aves para perder calor. Con este método los pollos pierden calor con evaporación del calor por agua a través de tractos respiratorios. Evaporando un gramo de agua pueden disipar mas de 500 calorías. Frecuentemente el jadeo también fracasa en bajar la temperatura y esto sucede por varias razones, de las cuales, el exceso de h<sup>o</sup>r es la principal, pero pueden asociarse otros factores como pobre manejo, estado de salud inadecuado, alimentos con micotoxinas y nutricionalmente inbalanceados, construcciones no aptas para pollos modernos, ventilación inadecuada, entre otros. (Nilipour H. 1999)

## **6.2. Termorregulación en las aves jóvenes**

El ave joven es mucho más dependiente de la temperatura ambiente que el animal adulto.

La capacidad de termorregulación de las aves muy jóvenes depende fundamentalmente, de su aislamiento, pero también del grado de desarrollo muscular y del estado de desarrollo de su control nervioso central.

Las gallinas por sí, son aves de desarrollo precoz. El polluelo recién nacido ya cuenta con un plumaje que recubre su cuerpo. Puede producirse un aumento del metabolismo en respuesta al frío, y la exposición al calor de polluelos de 2 días da lugar a un aumento de la pérdida calórica evaporativa respiratoria. Sin embargo, la zona de neutralidad térmica de los pollos jóvenes está a un nivel superior a la de los adultos en la escala de la temperatura, aunque disminuye y se amplía a medida que van desarrollando las plumas. El coeficiente de temperatura también disminuye con el crecimiento. El jadeo se presenta a temperaturas más bajas en los polluelos recién nacidos que en los adultos, reflejando la temperatura orgánica inferior del polluelo. El umbral de jadeo aumenta a medida que crece el pollo y que aumenta su temperatura orgánica.

Es considerable la pérdida acuosa evaporativa de los polluelos durante el primer día de su vida. Ello es debido, en parte, a la rápida respiración del primer día y parcialmente a la alta pérdida acuosa cutánea. La pérdida acuosa evaporativa disminuye después del primer día pero se eleva nuevamente después de la 2ª ó 3ª semana, estando asociado este incremento con el aumento del metabolismo, de la temperatura orgánica y del aislamiento suministrado por el plumaje.

En la gallina el aumento del tamaño corporal da lugar a una reducción relativa del área superficial, y esto a su vez reduce la disipación de calor producido por la actividad metabólica. (Quiles 2003)

## **7. FISIOLÓGÍA DEL JADEO Y LA ALCALOSIS RESPIRATORIA**

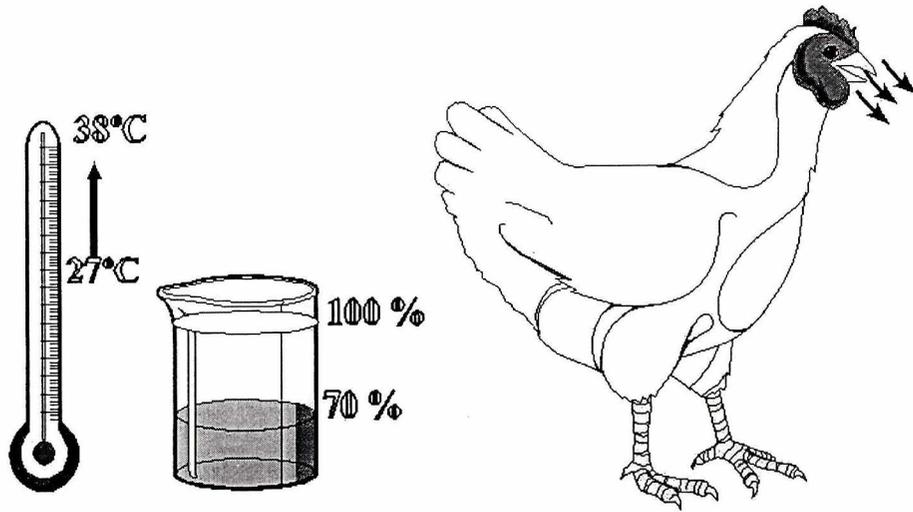
Para poder comprender bien el mecanismo de disipación de calor que implica esta vía, hay que conocer la definición exacta de la misma.

### **7.1. ¿Que es jadear?**

Sencillamente es respirar con la boca abierta para refrescarse a través de la evaporación (ver Figura 7). Esta es una reacción normal de los pollos que quieren sobrevivir al brote de calor. Los pollos cuando están en su zona normal y en un ambiente termo neutral, respiran 25 veces por minuto, sin embargo, cuando la T° pasa su límite y los pollos sienten mucho calor, aumentan su frecuencia respiratoria y esto puede llegar a 170 veces por minuto. Sencillamente, el jadeo o disnea marca la frontera entre el umbral superior de la " zona termo neutral " del ave y la aparición del *hiper-termo-estrés*. (Shane 1992; Soria 2001)

La aves empieza a jadear cuando la temperatura exterior aumenta por encima de 29.4°C; a medida que la temperatura ambiental aumenta, también lo hará la frecuencia respiratoria del ave o sea jadeo y se eliminará más calor de su cuerpo. (North 1993)

**Figura 7. Pérdida de calor por evaporización de agua (jadeo)**



Cuando el ave jadea bajo condiciones de estrés calórico, el vapor de agua es eliminado en cada exhalación. Alrededor de 0.5 kcal de energía se pierden por cada gramo de agua evaporada a través de la respiración. Para un pollo con peso de mercado que produce 200 kcal de energía calórica por día, significa que necesitaría perder 400 g de agua por evaporación. (Lesson 2001)

**Alrededor de 0.5 kcal de energía se pierden por cada gramo de agua evaporada a través de la respiración (Lesson 2001)**

La disnea como manifestación de conducta animal, depende especialmente de la llamada “ temperatura efectiva “ del ave. Este es un término usual para indicar la temperatura corporal percibida por las aves con independencia de los valores reales de los distintos parámetros que conforman un ambiente dado. Estos (parámetros) pueden ser: 1) La temperatura ambiental; 2) La higrometría ambiental; 3) La velocidad de los flujos de ventilación que inciden sobre el cuerpo del ave; 4) La T° de la cama y 5) La T° de las paredes y los techos.

Para su mejor comprensión, el mecanismo que implica el proceso del jadeo se ha dividido en dos etapas que a continuación se describirán una a una. (Shane 1992)

### 7.1.1. Jadeo etapa I

Con la exposición al calor, la frecuencia respiratoria aumenta de 22 a 175 y a veces hasta 250 respiraciones por minuto, aunque la frecuencia cardiaca no se modifica dentro de estos límites de temperatura (Soria 2001; Wiernusz 1999; Quiles 2003). El umbral del jadeo en pollos de un día de edad es de aproximadamente 41° C, pero el inicio de la hiperpnea se extiende a los 43°C cuando las aves tienen una edad de 35 días. Conforme aumenta la frecuencia respiratoria, hay una disminución concurrente en el volumen total hasta que se alcanza una T° interna de 44°C.

Este aumento en el número de respiraciones poco profundas se denomina jadeo etapa I, que presenta un compromiso entre la necesidad de alcanzar un enfriamiento por evaporación y el requerimiento de conservar el bióxido de carbono. Los índices elevados continuos de intercambio respiratorio tendrán como resultado una excreción excesiva de CO<sub>2</sub> y una alteración simultánea en la relación entre pCO<sub>2</sub> y pHCO<sub>3</sub> (ion bicarbonato). El equilibrio entre CO<sub>2</sub> y iones pHCO<sub>3</sub> mantienen el pH sanguíneo dentro de límites relativamente estrechos a ambos lados del valor normal de 7.4 conforme disminuye el pCO<sub>2</sub> por el jadeo, se eleva el pHCO<sub>3</sub> y el pH sanguíneo se desvía de 7.4 a un valor más elevado (alcalino).

La pérdida por evaporación de las membranas respiratorias como resultado del jadeo constituye un mecanismo relativamente eficiente para la regulación del calor a temperaturas ambientales hasta de 40°C. Experimentos realizados en pollos demuestran que del 50 al 75% del calor metabólico producido puede disiparse a los 35°C con baja humedad relativa. Una raza con alta capacidad de adaptación, como el ave beduina, puede perder hasta el 160% de la producción de calor metabólico a temperaturas que sobrepasan los 35°C. Sin embargo, se observa que la eficacia del enfriamiento evaporativo se ve marcadamente afectada por la humedad relativa. A los 35°C y el 40% de humedad relativa, las aves Leghorn maduras pueden perder hasta el 40% de calor metabólico producido mediante el enfriamiento de las superficies respiratorias. El incremento de la humedad relativa a 85% reduce la eficacia del enfriamiento evaporativo de tal forma que únicamente se puede liberar el 10% del calor metabólico producido.

### 7.1.2. Jadeo etapa II

El jadeo etapa II comienza cuando la temperatura ambiente excede los 34°C. Esta etapa de respuesta al calor se caracteriza por una frecuencia respiratoria mas lenta y un mayor volumen total. Se estima que la frecuencia respiratoria se tiene que incrementar por un factor de 10 (10 veces lo normal) para alcanzar un incremento de tres veces la pérdida evaporativa de agua. Durante el jadeo etapa I, los pollos alternan las respiraciones rápidas poco profundas con unas cuantas respiraciones profundas. Este patrón es capaz de aumentar al máximo la pérdida de agua del “ espacio muerto “ anatómico del tracto que comprende las cavidades nasales, la faringe y la tráquea. Las respiraciones profundas se interponen para extraer el CO<sub>2</sub> que se acumula en los sacos aéreos abdominales. Con el jadeo etapa II, el ave se ve obligada a aumentar al máximo el área del tracto respiratorio involucrado en el enfriamiento evaporativo, dando como resultado una pérdida excesiva de CO<sub>2</sub>, la acumulación de iones de bicarbonato y una desviación en el valor de pH de 7.4 hacia la alcalosis. Si vuelven a presentarse condiciones ambientales mas favorables, se invierte el mecanismo de adaptación: la homeostasis se restablece conforme se reduce la pérdida de CO<sub>2</sub> del tracto respiratorio, se excretan iones de bicarbonato a través del riñón, bajan el volumen y la frecuencia respiratoria, invirtiéndose la deshidratación, al beber agua nuevamente. (Shane 1992; Koelkebeck 1995)

A pesar de todo esto, como la capacidad de las aves para vaporizar el agua tiene unas limitaciones (las dimensiones del aparato respiratorio, su ritmo y el gradiente de tensión de vapor entre su superficie y el aire ambiental ), la supervivencia del ave va a depender mas de la evolución de la temperatura del aire ambiental y su higrometría que de la disnea, porque el ritmo respiratorio y las dimensiones del tracto no pueden dar mucho mas de sí, y sus posibilidades de supervivencia se agotan. (Soria 2001)

## 7.2 Factores ambientales que pueden provocar la disnea (Jadeo)

Aquí conviene comprender mejor aún el concepto de  $T^\circ$  efectiva, porque es muy frecuente caer en el error de suponer que la disnea la provoca la  $T^\circ$  ambiental a solas y eso, como ya hemos visto no es siempre cierto.

Para entender el proceso ambiental que nos lleva a la disnea, vamos a distinguir dos situaciones bien diferenciadas:

- Los sistemas de ventilación que se desarrollan con atmósfera en calma ( $V < 0.3$  m/s) que suelen ser todos, casi todos los convencionales y
- La ventilación túnel.

Como ya hemos dicho antes, la  $T^\circ$  efectiva se conforma especialmente a través de tres parámetros:  $T^\circ$ , higrometría y la velocidad de los flujos de aire. Pues bien en el caso de una ventilación convencional, el último por tratarse de una situación de atmósfera en calma, no tiene opción para influir en los resultados finales de la “temperatura efectiva”.

Así como en este caso, la  $T^\circ$  efectiva va a depender exclusivamente de la  $T^\circ$  y la higrometría ambientales.

Algunos autores dicen que la disnea se inicia a los  $28^\circ\text{C}$  de temperatura ambiental; otros, que ello ocurre a los  $29.5^\circ\text{C}$ . Y aunque no suelen puntualizarlo, se supone que se están refiriendo siempre a ambientes con atmósfera en calma. (Soria 2001)

## 8. FISIOPATOLOGÍA DEL ESTRÉS POR CALOR

De manera general, la fisiopatología del estrés sigue un solo camino, sin importar el factor estresante, las diferencias se marcan dependiendo a factores asociados a dichos estímulos, en el caso del estrés por calor, se le asocian factores como la humedad relativa, la orientación de las casetas, la finalidad zootécnica de las aves, la alimentación, y otros mas, lo que lo hace uno de los factores estresantes mas letales en el ave cuando se asocia a dichos factores.

### 8.1. Fisiopatología del estrés

Estímulos causados por una situación de alarma son transmitidos por las terminaciones nerviosas del SNC a la zona perifornical del hipotálamo. Esta, a su vez transmite señales a otras áreas del hipotálamo y finalmente a la eminencia media, y a partir de este momento la información toma dos rutas y cada una de ellas desencadena reacciones que llevan al organismo a responder intentando protegerse. Estas rutas son:

1. El estímulo nervioso originado por una situación de estrés es captado por las terminaciones nerviosas del SNC y es enviado a la porción límbica del hipotálamo que a su vez envía un estímulo a médula adrenal, el cual viaja por médula espinal alcanzando la inervación simpática de los segmentos torácicos inferiores, de aquí pasa a nervios esplénicos y llega finalmente a médula adrenal estimulando la secreción de las hormonas ahí producidas: *adrenalina* y *noradrenalina* (también llamadas catecolaminas). (Figura 8)
2. A partir de la eminencia media del hipotálamo el factor de liberación de *corticotropina* (CRF) se secreta hacia el inferior del plexo capilar primario del sistema portal hipofisiario, y luego es transportado a la hipófisis anterior, donde provoca la secreción de la hormona *adrenocorticotrópica* (ACTH), esta hormona actúa directamente sobre la corteza de glándulas adrenales que a su vez

secretan dos tipos de hormonas: los *mineralcorticoides* (aldosterona) y los *glucocorticoides* (Cortisol).

Figura 8. Fisiopatología del Estrés

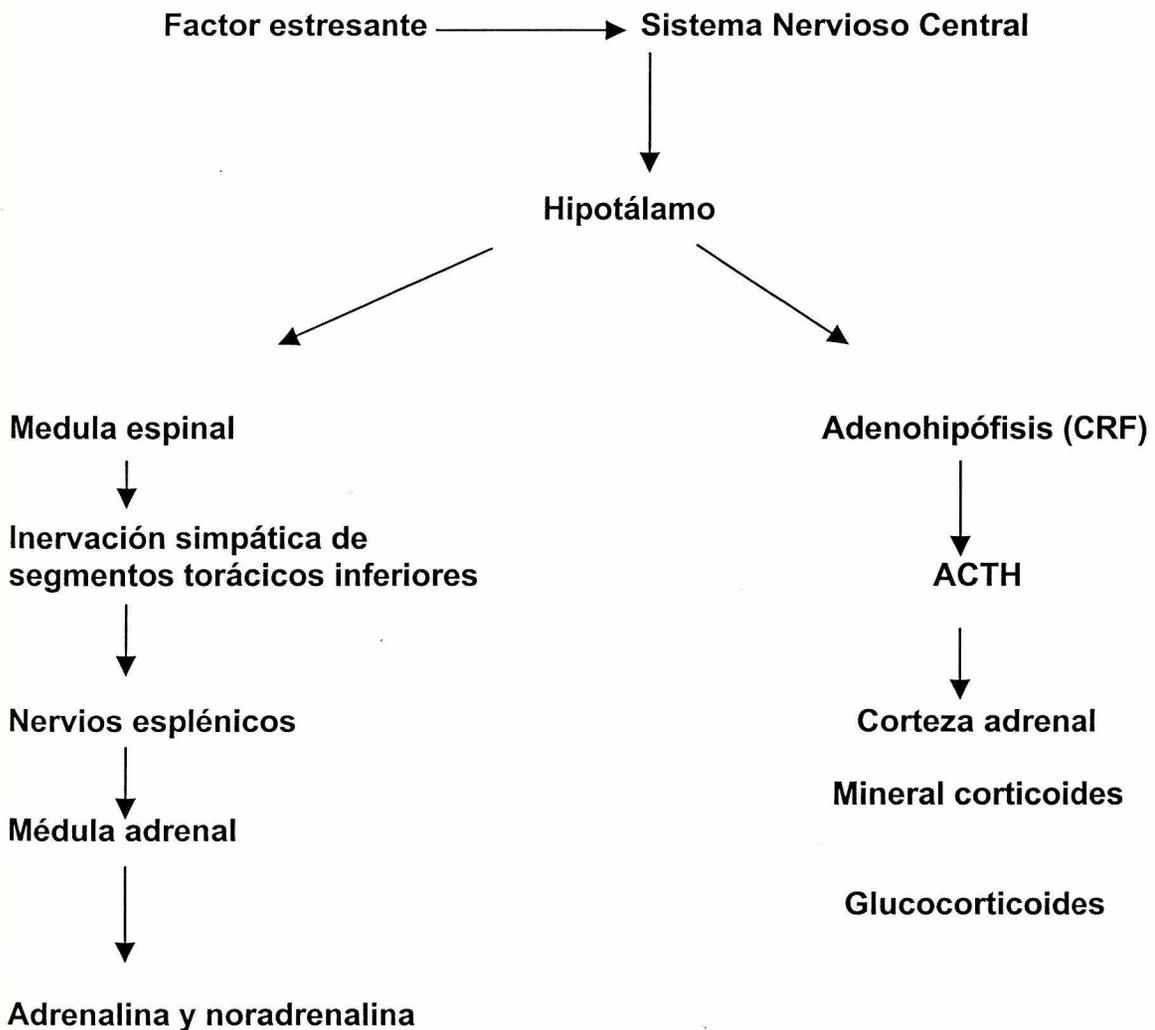
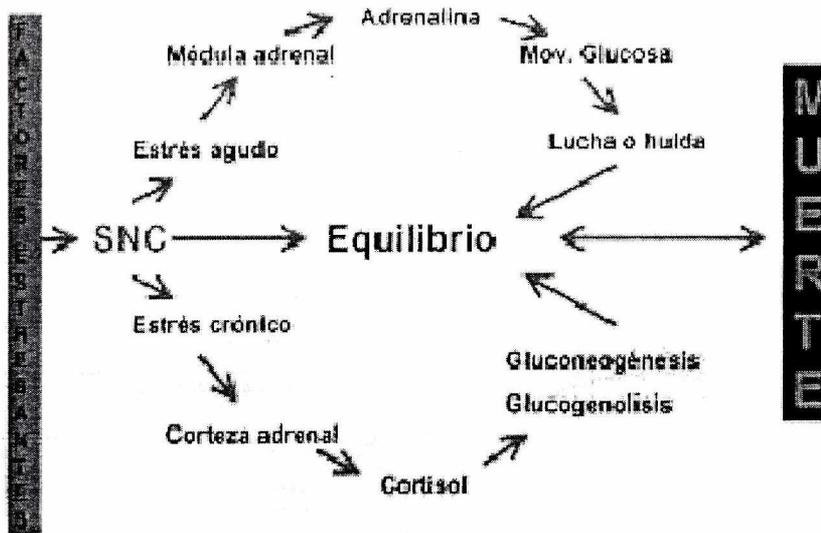


Figura 9. Fisiopatología del estrés Agudo y crónico



## 8.2. Fisiopatología del estrés por calor

El estrés calórico en las aves domésticas se caracteriza por presentar como alteraciones metabólicas importantes, la presentación de una alcalosis respiratoria y reducción en los niveles de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) en sangre, así como aumentos en los niveles de ácido láctico.

De acuerdo a la severidad y duración del estímulo calórico, este problema tiene dos formas de presentación: el estrés calórico **agudo** que se presenta cuando la onda cálida es rápida y severa, esta condición provoca un estado de alcalosis respiratoria severa y profunda, por lo que las aves mueren de manera súbita. Por otro lado, el estrés por calor **crónico**, el cual se presenta cuando el estímulo calórico es sostenido pero a un nivel donde el ave sufre episodios de alcalosis y momentos donde esta no se presenta. Por los cambios adaptativos, la parvada va a sufrir alteración en los parámetros productivos. Hay quienes mencionan que este tipo de estrés (crónico) le sirve al ave como un mecanismo de adaptación al calor.

### 8.2.1. *Alcalosis respiratoria*

Como se mencionó anteriormente, en las aves sometidas a altas temperaturas se presenta el jadeo, que puede precipitar a una situación de *alcalosis respiratoria*. Este efecto se desencadena porque junto con el agua se elimina  $\text{CO}_2$  durante el jadeo, se disminuye la presión parcial de  $\text{CO}_2$  en la sangre y entonces el organismo recurre a sus reservas de  $\text{HCO}_3^-$ .

**Generalmente el jadeo comienza a partir de los 32 a 35°C y aunque no existe incremento en la temperatura corporal se desarrolla una alcalosis leve, (con un pH sanguíneo de 7.55). A los 38°C se presenta una alcalosis moderada, mientras que a los 41°C, la condición se vuelve severa con pH sanguíneos de 7.65.**

Se ha reportado que estados de hipertermia aguda producen alcalosis profunda y por otro lado, la hipertermia crónica no tiene este efecto.

Como una respuesta a la alcalosis, se presenta una *acidosis metabólica* debido a un incremento de ácido láctico. El aumento en los niveles de ácido láctico es debido a que el pH elevado inhibe la gluconeogénesis y el ácido láctico no puede convertirse a glucosa, cada molécula de dicho ácido contribuye con un ión  $\text{H}^+$ , que es amortiguado con el  $\text{HCO}_3^-$  aumentando la disponibilidad de eliminación de  $\text{CO}_2$  ( $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ) por vía respiratoria. La acidosis metabólica leve se produce por una intensa competencia por  $\text{HCO}_3^-$ , tanto como amortiguador además de componente del cascarón. Esta condición se agrava por la baja disponibilidad de este ión bicarbonato y en condiciones extremas se puede presentar acidosis metabólica. (Banda 2001)

### 8.2.2. *Alteraciones en el equilibrio electrolítico*

Ante la condición de alcalosis también se desencadena un mecanismo regulador que consiste en el aumento en la excreción renal de  $\text{HCO}_3^-$  para que exista un incremento en la reabsorción de  $\text{H}^+$ , pero esto provoca un aumento en la excreción renal de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ . Además hay una reducción en la producción de aldosterona que acelera el proceso de eliminación de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  y disminuye la pérdida de  $\text{H}^+$  urinario.

\*La excreción de potasio por la orina se aumenta durante la alcalosis en mamíferos; la baja de iones hidrógenos dentro de las células tubulares causa un aumento en la secreción de iones de potasio debido a la competencia entre ambos en la reabsorción en el túbulo distal. \*

**Este mecanismo no ha sido comprobado en aves \***

Sin embargo, se ha observado en pollos criados bajo condiciones de estrés calórico, jadeo con alcalosis sanguínea y síntomas de deficiencia de potasio.

La pérdida de  $\text{Na}^+$  extracelular puede conducir a la pérdida de  $\text{K}^+$  intracelular, ya que existe un equilibrio entre el  $\text{Na}^+$  extracelular y el  $\text{K}^+$  intracelular que favorece la despolarización de la membrana. Sin embargo, la pérdida de  $\text{Na}^+$  por riñones reduce la concentración de dicho ión en el espacio extracelular, lo que se interfiere con la despolarización, además como hay deficiencia de  $\text{Na}^+$  extracelular, el  $\text{K}^+$  no puede regresar al interior de la célula, por lo que el exceso de  $\text{K}^+$  extracelular también es eliminado.

La pérdida de potasio intracelular es muy grave porque ocasiona la entrada de  $\text{Na}^+$  a las células y se altera la conductividad neuromuscular, los tejidos cardiacos y nervioso son los primeros que resultan afectados.

**Esta deficiencia de  $\text{K}^+$  intracelular conduce a la muerte por *paro cardíaco*.**

Al inicio del estrés calórico hay hiponatremia, que permite la salida de  $\text{K}^+$  intracelular; momentáneamente, en el torrente sanguíneo se da la reacción  $\text{NaCl} + \text{K}^+ = \text{Na}^+ + \text{KCl}$ , reincorporándose transitoriamente el equilibrio de sodio intersticial y el potasio es eliminando a nivel renal.

En un estudio realizado en pollos de engorda de 4 a 7 semanas de edad y sometidos a una temperatura de  $35^\circ\text{C}$  por 11 horas, se observó un incremento en la eliminación urinaria de K, P, S, Na, Mg, Ca y Mn, que es evidente que ejerce un efecto adverso en el balance de minerales en el ave.

### **8.2.3. Influencia sobre el metabolismo del calcio**

Las concentraciones de calcio sanguíneo disminuye durante el estrés calórico, la elevación del pH sanguíneo reduce las reservas de calcio ionizado, al aumentar la concentración de calcio unido a proteínas, además por la elevación de ácidos orgánicos como el *ácido láctico* como un mecanismo de compensación de pH, se aumenta la cantidad de complejos orgánicos de calcio como se explicó anteriormente.

**Un efecto del ácido láctico sobre el metabolismo del calcio, es que se combina con este mineral formando lactatos por lo que disminuye la disponibilidad del mismo.**

Para la gallina de postura la disponibilidad de calcio y iones carbonatos en la mucosa del útero es importante para la síntesis del cascarón. En las gallinas de postura que presentan alcalosis respiratoria lo mas común que se llega a presentar es la formación de cascarones delgados y frágiles y baja en la postura. La disminución del calcio ionizado puede ser detrimental para el proceso de la formación del cascarón, ya que el calcio en esta forma es una fuente importante para este proceso. Finalmente por la baja cantidad de calcio sanguíneo, la paratohormona se activa, por lo que se deprime la deposición de calcio sobre las fáfarras a nivel del útero, condición que agrava más el efecto sobre el cascarón .

**La formación del cascarón induce a una acidosis metabólica por la formación de  $\text{CaCO}_3$  insoluble a partir de  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Ca}^{++}$  liberándose iones de  $\text{H}^+$ . (Banda 2001)**

(Banda 2001; Ilender 1995)

## 9. EFECTOS DEL ESTRÉS CALÓRICO EN LAS AVES.

### 9.1. Efectos sobre la producción

Un ave expuesta a las últimas semanas a temperaturas internas de la caseta arriba de 27°C, empezará a jadear, produciendo evaporación de agua, del aire y de los pulmones. A temperatura de 32°C y superiores las aves reducirán el consumo de alimento, afectando la producción. Con temperaturas internas de 38°C y más, las aves comenzarán a reposarse en el piso buscando aire fresco. En estos casos podemos esperar mortalidades especialmente de las aves más pesadas y por tanto un buen sistema de ventilación debe ser capaz de bajar esta temperatura. (Orozco 2002a)

**A temperatura de 32°C y superiores las aves reducirán el consumo de alimento, afectando la producción. (Ver tabla 1 Wiernusz 1999)**

Cuadro 10

| <b>Efecto del consumo de alimento sobre el crecimiento y la mortalidad de aves estresadas por el calor</b> |                             |                          |
|--|-----------------------------|--------------------------|
| <b>Nivel controlado de alimentación<sup>1</sup></b>  | <b>Ganancia diaria (gr)</b> | <b>Supervivencia (%)</b> |
| 6.5  | 30.4                        | 100                      |
| 8.3  | 41.9                        | 92                       |
| 9.6  | 55.7                        | 70                       |
| <b>Consumo a libertad</b>  |                             |                          |
| 8.5  | 38.6                        | 91                       |

<sup>1</sup>Los valores de consumo de alimento diario representan un porcentaje del peso corporal

Fuente: Wiernusz 1999

Los efectos nocivos de las altas T° y humedad en el pollo de engorda consisten de manera general en *una disminución de la ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento y aumento en la mortalidad.*

Cooper y Washburn (2004) condujeron un estudio para evaluar la respuesta de la temperatura corporal al estrés calórico y su relación con la ganancia de peso, consumo de alimento y la tasa de conversión alimenticia. Estos parámetros se obtuvieron de los

28 a los 49 días en un ambiente de estrés calórico (32°C) y se compararon con un ambiente de 21 °C. La temperatura corporal se midió a los 28, 35 y 42 días y después diariamente de los 43 a los 49 días y se correlacionaron con la ganancia de peso, consumo de alimento y la tasa de conversión alimenticia de los 28 a los 49 días. Se observó que en los primeros 28 días, la diferencia de la temperatura corporal entre los ambientes de 21°C y 32°C no fue tan significativa. La diferencia fue significativamente más alta a 32°C después de 7 días de estrés calórico (35 días) y fue significativamente más alta en todos los parámetros considerados que a 21°C a través de 21 días de estrés por calor, con un rango de diferencia de 0.5 a 1.0 °C. La mortalidad no se afectó por el estrés calórico a la temperatura evaluada (32°C). A esta temperatura, la temperatura corporal se correlacionó con la ganancia de peso, consumo de alimento y la tasa de conversión alimenticia a partir de los primeros 7 días de estrés de calor con resultados de -0.40 para la ganancia de peso, -0.31 para el consumo de alimento y 0.24 para la tasa de conversión alimenticia. (Cooper & Washburn 2004)

En la gallina de postura, de la misma manera se afecta significativamente el consumo de alimento y el peso corporal así como se disminuye la puesta de huevo, tamaño y calidad del cascarón, así mismo se favorece la presentación de histeria y canibalismo. Finalmente en las aves reproductoras se afectan la fertilidad e incubabilidad. (Shane 1992; Banda 2001; Grieve 2003; Mashaly et al. 2004)

En condiciones de "olas de calor " con temperatura durante el día excediendo los 40°C, como sucede en algunas zonas del país, la mortalidad aumenta espectacularmente, superando el 20% como consecuencia de la hipertermia y fallos cardio-respiratorios. Las pérdidas económicas que ocurren son enormes, considerando que el ave muerta, había consumido mas de un 80% de su alimento y estaba casi lista ya para salir al mercado. ( Angulo 1991; Álvarez 2002)

Entre las principales razones, y muy probablemente el principal problema de la baja en rendimientos de las aves bajo estrés calórico, es el bajo consumo de alimento (Cuadro 12) el cual ocurre en un intento del ave por reducir el calor metabólico que produce. Se calcula que las aves disminuyen el consumo de alimento a razón de 1.5% o aproximadamente 1-1.5 g/ave /día por cada aumento de 1 °C entre 24 y 33 °C

afectándose dramáticamente (-4.2 g/ave /día) con temperaturas arriba de 33 °C. Y a temperaturas de entre 32 – 38 °C, la ingesta de alimento se reduce en un 5% por cada °C que sube la temperatura.(Cockshott 2004) La reducción en el peso del huevo es debida al menor consumo de proteína y aminoácidos durante el estrés calórico ya que se ha comprobado que la digestibilidad de aminoácidos no se afecta por el estrés calórico. Sabemos que las gallinas responden en peso y número de huevos en una forma proporcional al consumo de alimento, o mejor aún, a la ingesta diaria de energía y nutrientes en las cantidades adecuadas. Por lo tanto las prácticas de manejo y nutrición deben orientarse hacia lograr un mayor consumo de alimento o compensar la reducción en consumo para llenar las necesidades diarias de nutrientes.(Zumbado 2002)

**Entre las principales razones, y muy probablemente el principal problema de la baja en rendimientos de las aves bajo estrés calórico, es el bajo consumo de alimento.**

**Cuadro 11. Efecto de temperatura sobre el consumo de alimento, peso corporal y tamaño de huevos.**

| Parámetros        | Temperatura °C |       |       |      |
|-------------------|----------------|-------|-------|------|
|                   | 27.5           | 29.2  | 30.8  | 31.7 |
| Consumo (g/día)   | 113.7          | 102.2 | 101.5 | 94.4 |
| Peso Corporal (g) | 1589           | 1441  | 1400  | 1478 |
| % Huevos < 60 g   | 32.3           | 48.4  | 56.3  | 66.7 |

La principal limitante bajo estrés calórico es la falta de energía por el gasto elevado para mantenimiento debido a la gran demanda energética que implican los mecanismos de enfriamiento en el ave, especialmente el jadeo. Esto, aunado a la mencionada reducción del consumo de alimento (y energía) que ocurre como mecanismo de ajuste fisiológico del ave para reestablecer el balance calórico, provoca

una seria limitación en la energía disponible para crecimiento corporal y producción de huevos. Ello se manifiesta en una menor masa de huevos y reducción en la calidad de la cáscara especialmente después de 40 semanas de edad.

En la siguiente tabla se muestran los rangos de temperatura y sus efectos tanto en el ave, como en la producción:

| <b>Cuadro 12. Estrés Térmico y Temperatura Ambiente</b> |  |
|---|--|
| <b>13 – 24 °C</b>                                       | <b>Zona Térmica Neutral.</b> El rango de temperatura en el que el ave no necesita alterar su tasa metabólica básica o comportamiento para mantener su temperatura corporal.  |
| <b>18 – 24 °C</b>                                       | <b>Rango de temperatura ideal.</b>   |
| <b>24 – 29.5°C</b>                                      | Ligera reducción de consumo de alimento puede esperarse, pero si la ingesta de nutrientes es adecuado, la eficiencia de producción es buena. El tamaño del huevo puede verse reducido y la calidad del cascarón afectada conforme la temperatura llega a la parte alta de este rango |
| <b>29.5 – 32°C</b>                                      | El consumo de alimento se reduce aún más. La ganancia de peso es menor, el tamaño del huevo y la calidad del cascarón se deterioran y la producción de huevo disminuye. Procedimientos de enfriamiento deben ser iniciados antes que se llegue a estas temperaturas.                 |
| <b>32 - 35 °C</b>                                       | El consumo de alimento continua disminuyendo. Existe peligro de postración por calor en aves de postura, especialmente en aves pesadas y en las que están en producción máxima. A estas temperaturas deben aplicarse medidas de enfriamiento.  |
| <b>35 – 38°C</b>  | Es probable postración por calor. Medidas de emergencia son necesarias. La producción de huevo y el consumo de alimento son severamente reducidos, el consumo de agua es muy alto.   |
| <b>Arriba de 38°C</b>                                   | Medidas de emergencia son necesarias para enfriar las aves y la sobrevivencia es la mayor preocupación a estas temperaturas  |

Fuente: Anderson 2002

## 9.2. Consecuencias productivas del estrés calórico.

Las consecuencias del estrés climático en ponedoras se pueden enumerar como sigue:

- a. Reducción en el aprovechamiento y metabolismo de nutrientes especialmente aminoácidos, vitaminas y ácidos grasos por diversas razones tales como menor liberación de enzimas y sales biliares entre otros. Además se ha reportado una reducción en el peso del proventrículo y molleja que afecta los procesos digestivos.
- b. Se inhibe la calcificación ósea lo que conduce a problemas de osteoporosis y “fatiga de jaula”.
- c. Menor crecimiento y conversión alimenticia en pollitas con riesgo de mayor mortalidad. (Zumbado 2002)
- d. Reducción en postura, peso de huevos, calidad de la cáscara y calidad interna de los mismos (Figura 11). Estas afirmaciones son respaldadas por los estudios realizados por Lin H. et. al. Quienes encontraron que las exposiciones a las olas de calor resulta en una disminución en el rendimiento zootécnico de las aves el cual se traduce en una reducción del grosor de la cáscara del huevo y por consiguiente un aumento en la fragilidad del mismo, pero no se observaron cambios en la forma del huevo. La prolongación de la membrana incrementó significativamente, mientras que la fuerza de fijación y el vigor de rotura de la membrana tendieron a decrecer e incrementar respectivamente. (Lin et al. 2004; Mashaly et al. 2004)
- e. Mashaly et al.(2004) en un estudio dirigido por el indica que el estrés por calor no únicamente afecta adversamente el rendimiento en la producción, sino también inhibe la función inmune. De tal manera que el conteo total de los glóbulos blancos y la producción total de anticuerpos fueron significativamente inhibidos por el estrés de calor. Aunque la actividad de los linfocitos B y T no sufrieron efectos significativos en ninguno de los tratamientos (temperaturas y humedades de estrés y T° termoneutrales) aunque si se observó una menor actividad e el grupo de mayor exposición en los primeros 7 días de estrés. Esta Inmunosupresión conduce a una menor resistencia a enfermedades. Esto en parte ocurre por la liberación de corticosteroides. (Mashaly et al.

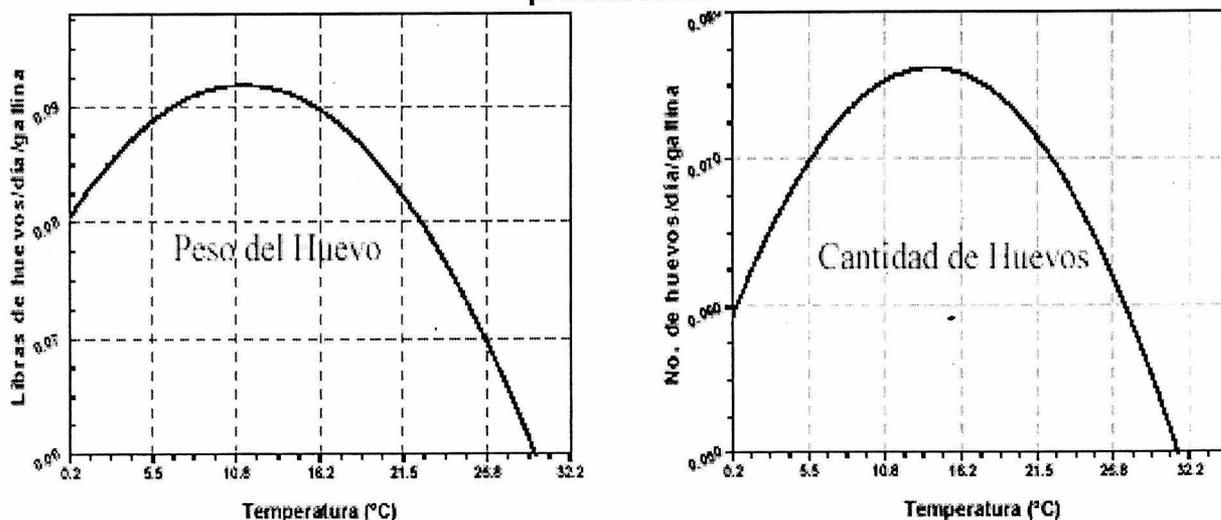
2004). Por otra parte, existe una disminución considerable en el potencial de fagocitosis de macrófagos para antígenos no opsonizados. (Banda 2001)

- f. La incidencia del “síndrome del hígado graso hemorrágico” tiende a aumentar debido en parte a alteraciones en las relaciones energía: proteína aunque otros factores metabólicos están relacionados. (Zumbado 2002)
- g. Los cambios en la temperatura somática producen cambios en el volumen plasmático de las gallinas, en el sentido de que la hipotermia disminuye el volumen sanguíneo circulante total.
- h. La gallina es muy sensible a la temperatura del agua. La aceptabilidad disminuye a medida que la temperatura del agua se eleva por encima del ambiente. Las gallinas pueden sufrir de sed aguda antes de beber agua a una temperatura ligeramente por encima de su temperatura orgánica.

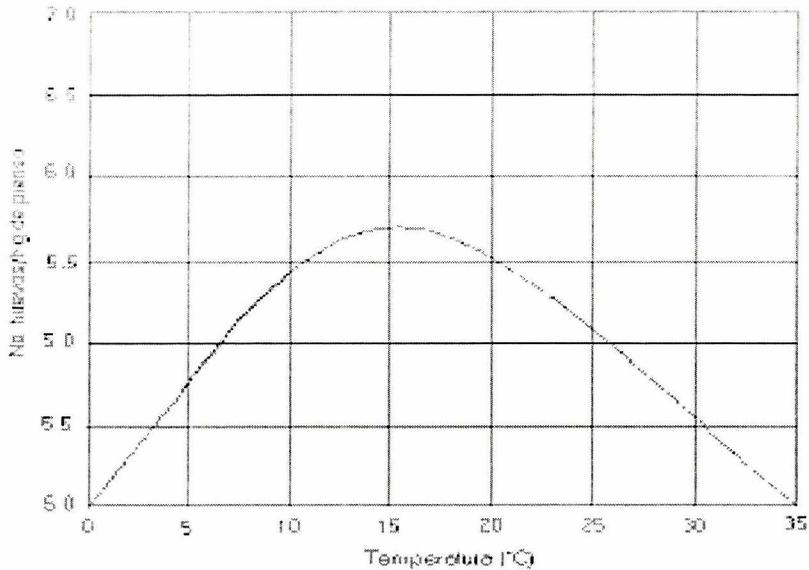
En el otro extremo, las gallinas pueden aceptar fácilmente agua próxima a la temperatura de congelación. (Quiles 2003)

Boushy y Van Marle (1981), Ellos encontraron que tanto el peso de los huevos, así como la puesta de un ave son funciones de T y su distribución es la dada como una función de T con máximo de conversión en  $T = 16.4^{\circ}\text{C}$ , como lo muestra la Fig. 10 (Álvarez 2002)

**Figura 10. Efecto de la Temperatura del Aire sobre el peso del huevo y sobre la producción.**



**Figura 11 Efecto de la T° sobre la eficiencia alimentaria.**



**Fuente: Álvarez 2002**

Una diferencia importante entre el estrés calórico agudo y el crónico es que existe un aumento de corticosteroides séricos en la presentación aguda, a diferencia del crónico. Otras alteraciones que provoca el estrés calórico agudo es el aumento del hematocrito y el crónico disminuye las concentraciones de hemoglobina, conteo eritrocítico y hematocrito.

El funcionamiento renal también cambia durante el estrés térmico y nuevamente este es un mecanismo dirigido a conservar agua que puede ser utilizada para enfriamiento evaporativo (Cuadro 14). Este mecanismo de conservación significa que menos agua será eliminada en la orina, dejando más agua disponible para evaporación. Por lo tanto, lesiones renales como las causadas por bronquitis infecciosa, ocratoxinas, etc, plantean un problema adicional para el ave con estrés térmico. (Lesson 2001)

**Cuadro 13. Funcionamiento renal de los broilers a diversas temperaturas ambientales**

|  | 21°C (69°F) | 32°C (90°F) |
|--|-------------|-------------|
| Tasa de filtración renal (1 ml/Kg./min.)   | 3.15        | 3.16        |
| Flujo de orina                             | 0.39a       | 0.30        |
| % de agua filtrada que aparece en la orina | 13a         | 10          |

Fuente: Lesson 2001

Todos los estudios conocidos en diferentes países, concluyen que los efectos de las olas de calor son más dramáticas por consecuencia de la alta mortalidad que se produce en la etapa final de la crianza del pollo, aunada a la baja productividad (menor ganancia de peso) ( Angulo 1991)

Las temperaturas extremadamente altas afectan mucho mas al pollo de carne moderno, de crecimiento más rápido y de mayor productividad, que a sus ancestros menos eficientes. Los avances recientes en el diseño de las naves han mejorado mucho nuestra capacidad para crear un medio ambiente adecuado dentro de las naves, proporcionando la oportunidad para que las aves logren un máximo rendimiento en zonas cálidas.

Aproximadamente el 75% de la energía metabolizable consumida por el ave se convertirá en calor corporal y requiere ser eliminada al medio ambiente. En consecuencia la reducción de la ingesta de alimento es un importante mecanismo de seguridad para reducir el estrés por calor. En general las aves con cargas metabólicas mas altas, por ejemplo, reproductoras y ponedoras, serán mas sensibles al estrés de calor. Cuando la producción de calor excede la capacidad de las aves para disipar el calor, estas se postrarán jadeantes en el suelo, lo que les debilitará y se volverán mas susceptibles a morir por desequilibrios respiratorios, circulatorios y/ó metabólicos. ( Cockshott 2004)

Los pasajes nasales sirven de filtros para el polvo y para las bacterias en el aire que entran al tracto del sistema respiratorio, este sistema no funciona cuando las aves tienen que abrir el pico para respirar .

**\* Esto induce un aumento en la incidencia de infecciones respiratorias bacterianas secundarias. (Grieve 2003)**

Como un comentario final acerca de los efectos del estrés calórico sobre el rendimiento productivo y reproductivo, cabe mencionar que según Karaca et al. (2002), las alteraciones en el tracto reproductivo de los machos, los espermatozoides ó ambos pueden ser los responsables de la infertilidad en los machos reproductores durante periodos de estrés por calor. Los resultados revelan que la viabilidad de los espermatozoides y el índice de calidad espermática (ICE) son reducidos por el incremento de la temperatura de incubación y la duración de la exposición. Las concentraciones iónicas en el plasma seminal ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^+$ ) no sufrieron muchos efectos por la temperatura de incubación del semen.

En conclusión, es aparente que los cambios en las características del semen debido a la elevada temperatura corporal solo contribuye a la infertilidad por estrés calórico en machos reproductores. ( Karaca et al. 2002; McDaniel 2004)

### **9.3. Efecto sobre el equilibrio electrolítico.**

Si la  $T^\circ$  ambiente sigue elevándose se presenta una alteración profunda en el equilibrio ácido-base de la sangre (Ver alcalosis respiratoria). Además, la depleción electrolítica de Sodio y Potasio a través del riñón, junto con la deshidratación, contribuyen a la mortalidad.(Ver Pág. 52) (Shane 1992)

Y como mas arriba se describió, existe un gran efecto sobre el balance electrolítico que a continuación solo haremos una breve reseña.

El **Potasio** es un mineral que no mantiene reservas adecuadas especialmente durante periodos de estrés y altas temperaturas cuando su excreción aumenta. Dietas para aves pueden contener niveles marginales de potasio especialmente cuando se usan altos niveles de harinas de origen animal que sustituyen a las proteínas de origen vegetal. Los coccidiostatos ionóforos, si se usan en el desarrollo de las pollitas, también

tienen influencia sobre la demanda de electrolitos en la dieta debido a los mecanismos de acción de estos productos a nivel intestinal sobre las Eimerias.

La posible insuficiencia de **K** provocada por la mayor excreción urinaria de este mineral por efecto del estrés calórico, resulta en menor postura, peso del huevo, grosor de la cáscara y contenido de albumen. Incluso la incidencia de “fatiga de jaula” se relaciona con problemas con el balance electrolítico. Por su parte, el **sodio** es el catión más importante en fluidos extracelulares y está estrechamente asociado con el cloro y el bicarbonato en el manejo del balance ácido base. El sodio funciona en el mantenimiento de la presión osmótica de los fluidos corporales y la protección contra pérdida excesiva de esos fluidos.

También el nivel de **fósforo** en sangre se afecta por el estrés calórico. Se considera que su requerimiento aumenta cuando la temperatura aumenta. Niveles marginales de fósforo bajo estrés calórico pueden ser frecuentes por la práctica común de reducir sus niveles conforme aumenta la edad de las gallinas. Esto puede provocar problemas de mortalidad en gallinas de mayor edad. (Zumbado 2002)

**Los coccidostatos ionóforos, si se usan en el desarrollo de las pollitas, también tienen influencia sobre la demanda de electrolitos en la dieta debido a los mecanismos de acción de estos productos a nivel intestinal sobre las Eimerias.**

En un estudio realizado por Koelkebeck & Odom (1995) demostraron que los niveles de fósforo inorgánico, calcio, potasio y sodio no eran afectados por una exposición a estrés calórico agudo (38°C) con la adición de dióxido de carbono. Este estudio sugiere que el estrés calórico agudo no tiene efectos dramáticos sobre las enzimas en el plasma, metabolitos y electrolitos en las gallinas de postura.

Como sabemos ya que la exposición de las aves a situaciones de estrés por calor resulta en una baja de CO<sub>2</sub>, Bicarbonato y por consiguiente hay un aumento del pH sanguíneo y el lactato en plasma. El incremento de CO<sub>2</sub> en el ambiente a un 1.5% incrementó los niveles bajos de CO<sub>2</sub> a niveles normales, incrementándose así el ión

bicarbonato y por consiguiente la disminución del pH sanguíneo y las concentraciones de lactato. En este estudio fue evidente que el incremento del CO<sub>2</sub> a 1.5% fue efectivo en el mejoramiento de los disturbios ácido-básicos y la reducción de los elevados niveles de lactato en el plasma, el cual normalmente se desarrolla cuando las ponedoras son expuestas a un estrés calórico agudo. (Koelkebeck & Odom 1995; Koelkebeck & Odom 1994)

#### **9.4. Factores que influyen en las pérdidas debidas al estrés por calor**

Estos factores principalmente son cinco:

1. Temperaturas máximas a las que las aves hayan sido expuestas
2. Duración de las temperaturas altas
3. Tasa de cambio de temperaturas
4. Humedad relativa del aire
5. Movimiento del aire dentro de la case (Grieve 2003)

## **10. DETECCIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO.**

### **10.1. ¿ Como detectar que un ave esta bajo estrés calórico?**

Además de las mediciones climáticas ó meteorológicas, el comportamiento de las aves es indicativo del estrés calórico que pueden estar sufriendo. Algunos signos externos son:

- Inicialmente el ave tiende a adoptar posiciones estirando las alas o tendiéndose en la cama con las alas levantadas para favorecer el enfriamiento a nivel de los apterilos
- Cuando los mecanismos de disipación de calor son insuficientes, la temperatura corporal normal de 41°C se incrementará hasta 42.5 a 43°C y tienden a respirar más rápido y profundo (jadeo) tratando de aumentar el paso de aire por los pulmones y así evaporar la humedad (enfriamiento evaporativo).
- Expanden las alas para así aumentar la superficie de exposición(al aire) para liberar calor.

- El plumaje puede mostrarse ligeramente erizado
- Aumenta considerablemente el consumo de agua para el enfriamiento directo y para el enfriamiento evaporativo en los pulmones.
- Se reduce el consumo de alimento al bajar las necesidades de energía
- Se echan cerca de los bebederos, ya que en esas zonas hay mas humedad por la caída de agua y de esa manera tratan de refrescarse.
- Actividad Reducida para limitar la producción de calor por esfuerzos musculares.
- Cuando la T° ambiental continua incrementándose o se mantiene a niveles cercanos a la temperatura corporal, el ave es incapaz de desarrollar sus mecanismos de defensa y muere, aparentemente debido a un fallo cardiovascular. (Angulo 1991; Banda 2001; Zumbado 2002; Cockshott 2004)

Hay que destacar un punto muy importante en este aspecto de los signos externos del estrés calórico, estos pueden ser mas comúnmente característicos del estrés calórico crónico, ya que las aves afectadas por el estrés calórico agudo, pueden no mostrar signos previos, debido a que la muerte se presenta rápidamente después de unos escasos minutos de postración y movimientos bruscos en las extremidades. (Banda 2001)

## 11. MEDIDAS DE CONTROL, MANEJO Y PREVENCIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO

Los resultados de varias experiencias así como de la información recopilada en otros países acerca de situaciones similares muestran que no existe una "receta milagrosa" para resolver o paliar los problemas antes señalados, pero existe la evidencia que la corrección de un sinnúmero de pequeños detalles podrían contribuir a disminuir las pérdidas económicas y las caídas en la productividad. En este sentido, no solo se consideran las nociones básicas que orientan la construcción de galpones idóneos para zonas tropicales, mas bien, se refieren a aspectos lógicos de manejo y manipulaciones nutricionales que combinados contribuirán eventualmente a redimensionar la defensa del ave contra el calor. Conviene insertar aquí una necesaria aclaratoria: muchas de las recomendaciones formuladas en las literatura científica, están basadas en experiencias de laboratorio, por exposición controlado al calor en celdas con ambiente controlado, sobre un número pequeño de aves y no en condiciones reales de explotación; no obstante, estos resultados nos orientan a explicar parcialmente los efectos nocivos del estrés calórico, siendo pertinente señalar que los tratamientos evaluados deben ser considerados bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo la experiencia y que solo por la comprobación y validación a nivel comercial podrían considerarse como alternativas tecnológicas válidas. (Angulo 1991)

Hoy en día los avicultores se enfrentan a numerosas técnicas que se han propuesto como posibles terapias y medidas de control para compensar y minimizar las consecuencias del estrés calórico. Muchas veces la selección de un método de manejo puede ser una tarea difícil, ya que algunas técnicas son efectivas para estimular el crecimiento, mientras que otras son mas efectivas para la sobrevivencia de las aves. El mejor enfoque de manejo balanceado es aquel cuyo énfasis no se ubica exclusivamente en una variable de producción. El objetivo es el de encontrar la manera de establecer un balance entre estas opciones. En otras palabras los avicultores deben tratar de compensar los efectos del estrés por calor no solo mediante la estimulación del consumo de alimento y la suplementación mineral de la dieta y del agua de bebida, sino también por medio de una mejor ventilación, de un aumento en las propiedades aislantes de las casetas, de la instalación de sistemas de enfriamiento evaporativo y del

mejoramiento de los ventiladores y los sistemas de control.(Wiernusz 1999; Shane 1992)

### **11.1 Manejo de la alimentación de las aves bajo estrés calórico.**

Squibb y otros dicen que la pérdida económica de mayor proporción asociada con el estrés calórico es el resultado de la reducción del consumo de alimento. Aves estresadas por el calor no pierden su potencial de crecimiento, o sea, mayor consumo de alimento, mayor el crecimiento. Como resultado, medidas como la puesta en funcionamiento de comederos automáticos con mas frecuencia o la agitación manual de comederos, la caminata lenta entre las aves, el peletizaje del alimento, la iluminación continua y la utilización de raciones altas en nutrientes, han sido utilizados por los avicultores para compensar la reducción del consumo de nutrientes durante el estrés calórico. Sin embargo, la respuesta natural de las aves al estrés calórico es reducir el consumo de alimento en un esfuerzo por disminuir su producción calórica. Además, los esfuerzos por compensar esta respuesta fisiológica pueden ser contraproducentes incrementando innecesariamente la carga calórica del ave y el riesgo de mortalidad durante el periodo agudo de estrés calórico. Un limitante mayor para el manejo del consumo de alimento es que, sencillamente no sabemos cuando se va a presentar el periodo agudo de estrés calórico. (Wiernusz 1999)

#### **11.1.1. Manejo del alimento**

Consideramos que es importante destacar algunos puntos que deben considerarse acerca del manejo del alimento, ya que esto ha demostrado tener un efecto positivo sobre la supervivencia y el rendimiento de las aves que sufren de estrés de calor.

- Asegurarse de que el alimento tenga una presentación de buena calidad (migajas, gránulos ó harina) para fomentar el apetito de las aves. Si el espacio de la nave lo permite, conviene añadir comederos. (Cockshott 2004) Utilizar alimento en **pellet** puede ayudar a mejorar el consumo. Aun así, con el despique se reduce la habilidad para recoger partículas grandes por lo que el tamaño del

pellet debe ser regulado acorde a la edad del ave (1 a 3 mm). En el caso de dietas de postura en pellet al menos 60% del calcio debe ser suplido en forma granulada con partículas de 2- 4 mm de diámetro. Esto dificulta la elaboración del alimento ya que ese calcio debe agregarse posterior al peletizado. (Zumbado 2002)

- El alimento no debe de almacenarse mas de una semana, esto con el fin de evitar la posible proliferación de micotoxinas.
- Fomentar que las aves coman durante las horas menos calurosas del día, ya que han de pasar 2 a 4 horas después de comer para que se produzca la máxima energía, y las aves tienen que eliminar el calor metabólico generado.
- Retirar el pienso de 4 a 6 horas antes del periodo de calor previsto. No se debe alimentar ni molestar a las aves durante las horas mas calurosas del día.
- Mantener una iluminación de penumbra mientras las aves comen, ya que la baja intensidad de luz durante la hora de comer reduce la actividad lo que a su vez, disminuye la cantidad de calor. (Cockshott 2004)
- Aumentar el número de alimentaciones diarias a 6 o más veces al día. Arrancar los comederos automáticos más a menudo o agitar los comederos manuales frecuentemente durante la parte más fría del día. Este método ayuda a que las aves menos agresivas tengan oportunidad de acceder al alimento con menor competencia. Asegurarse siempre que el espacio de comederos sea suficiente. (Zumbado 2002)

### **11.1.2. Restricción alimenticia (Ayuno).**

El uso de programas de restricción del alimento en el pollo de engorda, ha sido estudiado y aplicado para observar el comportamiento de diferentes criterios de selección, como grasa abdominal, peso corporal compensatorio, eficiencia alimenticia, así como para el control de enfermedades metabólicas. A través del tiempo, su aplicación en las explotaciones avícolas ha sido muy variada. Entre las enfermedades metabólicas en las que ha sido empleada, la mas común es para el control del síndrome ascítico. (Arce M. Y López C. 2003)

Pero últimamente también ha sido muy empleado para controlar problemas de estrés calórico, motivo por el cual lo citaremos en este trabajo.

Como ya se ha venido mencionando antes, las aves al consumir mas alimento, producen una mayor cantidad de calor metabólico y esto eleva la mortalidad durante periodos de estrés calórico agudo, de tal manera, reducir el consumo favorecerá la sobrevivencia del ave (Cuadro 15). Los efectos de ayuno en la sobrevivencia de las aves fueron documentados primero por McCormick et al. (1979) quienes observaron que suprimir el alimento por 24, 48 o 72 horas incrementaba el tiempo de supervivencia. Teeter et al. (1978) establecieron que el ayuno a corto plazo también incrementa la supervivencia del ave. Se observó que intervalos de ayuno de por lo menos 3 horas antes de la iniciación del estrés calórico fortalecen la supervivencia del ave, mientras que suprimir el alimento después del inicio del estrés calórico es de poca utilidad. Para mantener el desempeño, intervalos de ayuno que exceden de 6 a 8 horas antes de la iniciación del estrés calórico se constituyen en el número máximo conseguido. Poner a ayunar las aves por 6 horas antes de la iniciación del estrés calórico, junto con un periodo de 6 horas de estrés calórico, incrementa el tiempo de ayuno a 12 horas. (Wiernusz 1999)

**Cuadro 14**

**Tabla 2. Los efectos de tiempo de retiro del alimento sobre la habilidad de los parrilleros para sobrevivir al estrés calórico agudo<sup>1</sup> (obtenida de Teeter et al., 1987a).**

| Tiempo de retiro del alimento relativo a la iniciación del estrés | Temperatura ambiental (°C) al retirar el alimento | Supervivencia %   |                    |
|---|---|-------------------|--------------------|
|   |   | Experimento 1     | Experimento 2      |
| 24 horas antes  | 26.7  | 92.0 <sup>a</sup> | —                  |
| 12 horas antes  | 26.7  | 86.7 <sup>a</sup> | 81.7 <sup>a</sup>  |
| 6 horas antes   | 26.7  | 80.0 <sup>a</sup> | 70.0 <sup>ab</sup> |
| 3 horas antes   | 26.7  | —                 | 67.7 <sup>ab</sup> |
| Iniciación del Estrés   | 32.2  | —                 | 60.2 <sup>bc</sup> |
| 2 horas después   | 35.0  | —                 | 48.7 <sup>cd</sup> |
| 3 horas después   | 36.7  | —                 | 49.0 <sup>cd</sup> |
| 4 horas después   | 38.8  | —                 | 48.7 <sup>cd</sup> |
| Alimento No Retirado  | —   | 51.6 <sup>b</sup> | 45.2 <sup>b</sup>  |

<sup>1</sup>El desestrés calórico definido como un ambiente que proporciona 32.2°C y humedad relativa de un 55%.

<sup>ab</sup>Significa que en una columna con escritura distinta se diferencian de (P<0.05).

Fuente Wiernusz 1999

Se recomienda Intensificar la alimentación durante las horas de menor temperatura del día para reducir la producción de calor metabólico. Tomar en cuenta que la producción de calor metabólico es mayor 4 a 6 horas después de una comida. La “alimentación de medianoche”, consistente en encender luces y permitir el consumo de alimento por 1 a 2 horas cerca de la medianoche podría probarse como herramienta de manejo bajo estrés calórico para aumentar el consumo. Los ajustes necesarios en la cantidad de horas de luz totales que reciben las aves son necesarios si se aplica esta práctica. (Zumbado 2002)

Para que el ayuno sea efectivo, es necesario que su iniciación esté sincronizada con la del periodo de estrés calórico. La definición precisa de cuándo ocurre el estrés calórico puede ser compleja. Las condiciones ambientales que conducen al estrés calórico en las aves varía con la raza, la historia ambiental del lote, edad y otras consideraciones fisiológicas de nutrición y manejo. El avicultor puede obviar estas variables tan complejas simplemente definiendo el inicio del estrés calórico de su lote como el momento en que las aves empiezan a jadear o a manifestar incomodidad. Si se requiere de mayor precisión, la temperatura del cuerpo aumentará en 0.5 C durante el inicio del periodo de estrés calórico. La iniciación del ayuno debe ocurrir aproximadamente 6 horas antes del inicio del estrés calórico y mantenerse hasta que la temperatura ambiental empiece a bajar.

**La preocupación mas frecuente con respecto a la terapia de ayuno, es que el crecimiento se verá adversamente perjudicado. Se debe entender que esta terapia se utiliza para ayudar al ave a sobrevivir y no para mejorar su potencial de crecimiento. Pero se espera que el impacto sobre el crecimiento sea mínimo.**

El objetivo principal del ayuno es simplemente mover la alimentación y crecimiento de las aves a los periodos mas frescos del día. El uso de este método reducirá potencialmente el crecimiento durante las exposiciones ambientales termoneutrales.

Otras consecuencias del ayuno son los problemas que se dan cuando se suministra de nuevo el alimento al ave. El alimento debe ser suministrado de tal manera que las aves no se exciten demasiado y se aporreen(amontonarse) entre ellas mismas durante la primera fase de reintegración del alimento. En algunas situaciones, la disponibilidad de espacio en los comederos y los sonidos asociados con el de comederos automáticos excitan al ave, lo cual puede representar un problema. (Wiernusz 1999)

La experiencia ha demostrado que las aves con sistema de alimentación *ad libitum* tienen una temperatura superior en 1.5 °C de las aves con restricción alimenticia. (Angulo 1991)

## **11.2. Manejo nutricional durante el estrés por calor.**

### **11.2.1. Energía y aminoácidos.**

Cuando la energía en el alimento aumenta en un ambiente de temperatura constante, el consumo de alimento disminuye ya que la energía proveída por el alimento excede las calorías que el ave necesita. Similarmente, si la energía del alimento es mantenida constante y la T° ambiental aumenta, el consumo de alimento disminuye nuevamente para que el consumo de energía y las necesidades de energía estén balanceadas. (ver cuadro 16) (Grieve 2003) De tal manera que las aves tienen que mantener el equilibrio entre la producción y la pérdida de calor, reduciendo la ingesta de pienso como se menciono arriba. Las pruebas realizadas indican que la ingesta de pienso (alimento) se reduce en un 5% por cada grado que sube la T° en un rango de 32 a 38°C. (Cockshott 2004)

**Cuadro 15. Efecto del nivel energético de la dieta sobre el consumo de energía de ponedoras**

| Em dieta<br>(kcal/Kg.) | 18°C            |                       | 30°C            |                       |
|------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
|                        | Pienso/día (gr) | Energía/día<br>(kcal) | Pienso/día (gr) | Energía/día<br>(kcal) |
| 2850                   | 127             | 363                   | 107             | 306                   |
| 3050                   | 118             | 360                   | 104             | 320                   |
| 3250                   | 112             | 364                   | 102             | 330                   |
| 3450                   | 106             | 365                   | 101             | 350                   |

Fuente: Lesson 1996

Las necesidades de energía metabolizable (EM) se reducen con un aumento en la temperatura entre 21 y 27 °C debido a menores necesidades de energía para mantenimiento. El requerimiento de EM para producción es el mismo bajo cualquier temperatura. Aún así, por arriba de 27-28 °C se inicia de nuevo un aumento en los requerimientos de energía para mantenimiento. Si las aves no alcanzan el consumo adecuado de energía por un estímulo en el consumo de alimento, el efecto sobre producción es notorio.

El aumento en el nivel de energía de la dieta, con base en el uso de grasas, puede compensar el efecto sobre producción. Las grasas permiten reducir la producción de calor corporal o de metabolismo (incremento calórico) y reducen la tasa de pasaje a nivel gastrointestinal mejorando la digestibilidad. La sustitución isocalórica de proteína y carbohidratos por grasa tiene un efecto favorable para reducir el estrés calórico. (Zumbado 2002)

Sin embargo, en cuanto al uso de grasas en la dieta, la industria avícola enfrenta un dilema, ¿dónde hacer énfasis?..., en la *ganancia de peso* ó en la *reducción de la mortalidad* en las aves?. Desafortunadamente, hasta con la utilización de grasa para aumentar el crecimiento, la producción de calor aumenta aunque en menor grado comparado con otros nutrientes (carbohidratos y proteínas). (Wiernusz 1999)

Cuando se da el aumento en EM por un bajo consumo debe proveerse la cantidad suficiente de otros nutrientes, especialmente aminoácidos (AA) al menor nivel de proteína cruda dietética posible. Reducir el consumo de proteína permite que las aves metabolizen la menor cantidad posible de aminoácidos. Además el menor consumo de nitrógeno es importante para reducir la excreción de ácido úrico el cual ocasiona una elevada producción calórica durante su síntesis y además tiene un elevado requerimiento de agua para su excreción.

Aun así, en la práctica no es factible reducir el nivel de proteína en exceso (0.75 a 1%?) para no crear deficiencia o imbalances de aminoácidos que no pueden ser suplidos en forma sintética. Actualmente solo metionina y lisina están disponibles en forma sintética asequible para formular dietas económicas. La treonina podría ser la tercer alternativa si su precio lo permite aunque en ponedoras este aminoácidos no es tan limitante como en pollos de engorde y cerdos. Bajo estas condiciones de formulación, el adecuado balance de AA es crítico evitando deficiencia o excesos de los mismos que provoquen catabolismo con el consecuente aumento en calor metabólico. El uso de harinas de origen animal, siempre y cuando sean de calidad controlada en términos de digestibilidad (procesamiento y composición) y microbiología es una alternativa importante para concentrar las dietas bajo condiciones de estrés calórico.

Los cambios en la composición de las dietas se ha reportado que estimulan el consumo de alimento debido en parte al estímulo sobre el apetito pero principalmente a través de alteraciones a nivel metabólico.

Esta práctica de concentrar las dietas con más energía y aminoácidos no es ampliamente aceptada por muchos nutricionistas que consideran que ello puede ser contraproducente ya que al estimular un mayor consumo crearía una mayor producción de calor metabólico, con el riesgo de alta mortalidad. Esto es más crítico en pollos de engorde pero puede ocurrir en ponedoras.

Es importante al concentrar las dietas tomar en cuenta los micronutrientes, incluidas vitaminas y minerales así como otros aditivos y medicamentos para lograr el consumo adecuado de los mismos.

Debe tomarse en cuenta que estas dietas más concentradas aumentarán considerablemente de precio por lo que debe evaluarse su beneficio en términos económicos. (Zumbado 2002)

Recientemente se ha estudiado la respuesta de pollitas de recría al nivel energético de la dieta, bajo temperaturas ambientales moderadas y altas. Los resultados ilustran dos puntos.

1. Las pollitas criadas a temperaturas altas son mas pequeñas que las criadas en condiciones ambientales moderadas, y este efecto es independiente de la concentración energética de la dieta.
2. Dietas de densidad energética baja (<2750 kcal EM/Kg.) dan lugar a pollitas de menos peso a las 20 semanas de edad.

Todas las dietas de este estudio tenían un 18% de proteína bruta, 0.36% de metionina y un 90% de lisina.

Para lograr una relación baja de energía:proteína, menos proteínas intactas y mas aminoácidos cristalinos deben usarse en las raciones para pollos. En la actualidad la metionina ha sido una de las más estudiadas. DL-2-hidróxi-4-ácido metiltiobutanoico (DL-HMB) y la DL-Metionina (DLM) son las fuentes de metionina más comúnmente usadas. (Teeter 1995)

La velocidad de crecimiento inicial (0-8 semanas) es probablemente mas sensible al consumo de proteína que al consumo de energía. Sin embargo, entre las 14 a 20 semanas de edad el crecimiento se ve mas afectado por el consumo de energía. (Lesson 1996)

### **11.2.2. Proteínas**

La nutrición con base en proteínas y aminoácidos es otro tema de controversia cuando se manejan aves estresadas por calor. Recomendaciones para el suministro de proteínas van desde su elevación hasta la reducción con sus correspondientes mejoramientos en el balance de aminoácidos. Estudios conducidos por Teeter y Wiernusz confirman los esfuerzos de Waldroup (1976): al reducir la proteína en la dieta, mientras se mantengan los niveles de aminoácidos, se observará un mejoramiento del crecimiento y una reducción en mortalidad. Esta teoría es la única que ha demostrado un mejoramiento simultáneo, tanto de crecimiento como de la viabilidad. (Wiernusz 1999)

### **11.2.3. Vitaminas (requerimientos durante el estrés)**

Los animales bajo estrés corren mayor riesgo de infección que los animales no tensionados debido a una respuesta de inmunidad dañada. La respuesta del animal a la tensión se expresa por un aumento en la producción y liberación de varias hormonas (ver fisiopatología del estrés), neuro-transmisores y eicosanoides que incrementan los niveles de AMP cíclico de linfocitos. Los glucocorticoides, la epinefrina y algunas prostaglandinas elevan el AMP cíclico y están asociadas con la inhibición de las funciones de los linfocitos diferenciados maduros. Los niveles de GMP cíclico celular se oponen al AMP que tienen la concentración de vitamina C más alta en el cuerpo y una menor cantidad de granulocitos.

La tensión puede disminuir con la vitamina C. La suplementación de la vitamina C incrementa la resistencia a enfermedades, ya que se requiere para la función de los neutrófilos, disminuye los niveles de corticosteroides circulantes y reduce la inmunosupresión causada por tensión. (Nockels 1990)

La vitamina C, la cual en condiciones normales no es requerida por las aves en sus dietas, ya que es sintetizada en cantidades adecuadas, es considerada un compuesto "antiestrés" y esencial para el metabolismo. Bajo condiciones de estrés calórico, las aves posiblemente no sintetizan la cantidad suficiente de vitamina C. La suplementación de la misma (200 ppm) en agua o alimento se ha encontrado que reduce la temperatura corporal ayudando a bajar la mortalidad. Durante el estrés calórico la mayor producción de corticosterona aumenta la producción de epinefrina la cual induce la degeneración de los folículos ováricos. La vitamina C en apariencia contrarresta este efecto regulando la concentración de corticoesterona en plasma. (Zumbado 2002)

Aunque investigaciones previas acerca del efecto del estrés por calor sobre los machos reproductores es muy limitada, aun más acerca de cómo aliviar la infertilidad en los mismos. Mc Daniel et al. (2004) presentó un estudio cuyo objetivo fue determinar la cantidad de ácido ascórbico en la dieta de los machos reproductores que mejoraría el rendimiento reproductivo de los machos que eran expuestos a un estrés calórico continuo. Las cantidades de ácido ascórbico utilizados fueron de 0, 250, 500 y 1000

ppm a dos temperaturas ambientales, una moderada y una severa. El porcentaje de espermatozoides muertos se elevó significativamente durante ambas fases de tratamientos y disminuyó inmediatamente después del inicio de la fase de recuperación. La motilidad espermática decreció linealmente con la elevación de la temperatura ambiente pero se recuperó después de la remoción del estrés calórico. La tasa de fertilización se disminuyó como resultado de la exposición al calor. El ácido ascórbico dietético no mejoró ninguna de las características del semen, tanto en el grupo de control, como el grupo de aves estresadas. Al contrario, la administración de 500 y 100 ppm de ácido ascórbico en la dieta resultó en una depresión en la fertilidad sobre cada día después día después de la inseminación cuando los machos fueron estresados. Por lo tanto, McDaniel en su estudio concluyó que el ácido ascórbico dietético en los niveles usados en su investigación no mejoró el rendimiento reproductivo de los machos reproductores bajo condiciones normales de temperatura o en condiciones de estrés calórico. (McDaniel et al. 2004)

Las vitaminas actúan como cofactores en el metabolismo y son esenciales para un metabolismo normal. La reducción en el consumo de alimento durante el estrés calórico disminuye la biodisponibilidad de varias de las vitaminas lo cual debe ser considerado al reformular dietas para condiciones de estrés calórico. Por ejemplo, los requerimientos de la vitamina A pueden aumentar considerablemente debido a una menor absorción provocada por la temperatura corporal. La conversión de la vitamina D3 a su forma activa puede ser alterada por las altas temperaturas ambientales y corporales. La vitamina E se ha reportado que mejora la formación de la yema en condiciones de estrés calórico y en general es importante para un funcionamiento normal de membranas celulares. (Zumbado 2002)

En cuanto a la vitamina A, una de sus funciones primarias es mantener la diferenciación apropiada del tejido epitelial y evitar su queratinización. El epitelio queratinizado permite que los agentes patógenos entren a través de la piel, pulmón y los tractos gastrointestinal y urogenital. Este efecto indirecto de la vitamina y del B-caroteno son parte de la respuesta inmunitaria. (Nockels 1990)

**La vitamina A se requiere para mantener la integridad de los órganos linfoides, estimula la inmunidad celular y humoral, así como la actividad de los fagocitos, e inhibe el efecto supresor de la hidrocortisona. (Nockels 1990)**

#### **11.2.4. Fibra dietética**

El usar dietas con más fibra ha sido mencionado como una alternativa para reducir el efecto del estrés calórico debido a que por un lado se produce menor calor metabólico y por otro la fibra retiene agua. Al usar ingredientes con más fibra también es necesario aumentar el nivel de grasa de la dieta para mantener la EM deseada lo cual permite sustituir parte de los CHO's reduciendo aun más la producción de calor metabólico. Aún así en la práctica el uso de ingredientes fibrosos puede ser contraproducente ya que podría afectar el consumo de alimento ya deteriorado por el estrés calórico. El uso de fibras especiales como celulosa, de uso común en la industria de alimentos para humanos puede ser interesante ya que estas contienen casi 100% fibra y una gran capacidad de retener agua. Además se usaría a un nivel muy bajo, inferior a 4 o 5 Kg. por TN de alimento. Está por iniciarse la evaluación de este tipo de productos bajo condiciones de estrés calórico en gallinas ponedoras y pollos de engorde. (Zumbado 2002)

**El usar dietas con más fibra ha sido mencionado como una alternativa para reducir el efecto del estrés calórico debido a que por un lado se produce menor calor metabólico y por otro la fibra retiene agua. (Zumbado 2002)**

#### **11.2.5. Bicarbonato de sodio**

El bicarbonato de sodio es un ingrediente con potencial beneficio en la alimentación de pollos de carne debido a su efecto sobre el balance electrolítico y adicionalmente por mejorar la digestibilidad proteica y el rendimiento en condiciones de estrés por calor.

En la mayoría de las dietas el balance electrolítico (BE) no llega a alcanzar los valores deseados para optimizar la producción; más aun, cuando se formula con proteínas de origen animal tal como harina de pescado.

Un insumo útil para restablecer un balance electrolítico inapropiado es el bicarbonato de sodio, ya que su aporte de sodio mejora dicho balance y además aporta el ion bicarbonato que contribuye al desarrollo del sistema que prevenga de cuadros de acidosis metabólica en los animales. Las aves en condiciones termoneutrales requieren para una adecuada producción un BE similar a 250 mEq/kg y en condiciones de estrés por calor requieren un BE similar a 300 mEq/kg.

En condiciones de estrés por calor se produce un desequilibrio electrolítico en las aves por lo que incluir bicarbonato de sodio resulta útil para restablecer el equilibrio ácido-base y poder obtener mejores resultados productivos. En estas condiciones se produce alcalosis metabólica generando un requerimiento mayor del ión bicarbonato para utilización buffer.

Este cambio de pH junto con la pérdida de bicarbonato y minerales, que se agrava más cuando se incrementa el calor o humedad, influyen en el metabolismo y salud general del ave. Por ello al restablecer el BE con el uso del bicarbonato de sodio se tiene un efecto favorable sobre las aves en condiciones de estrés por calor.

En estrés por calor el ave incrementa la tasa respiratoria (jadeo) para disipar el calor, eliminando  $H_2O$  y  $CO_2$  por medio de la utilización del bicarbonato,  $CO_2$  y  $H_2O$  de los tejidos, lo cual provoca una disminución del bicarbonato e incrementa el pH sanguíneo (cambio a de 7.2 a 7.5 ó 7.7), lo que provoca un rápido desbalance ácido-base.

En estrés por calor la pérdida de iones bicarbonato e hidrógeno se incrementa cuando más severo es el calor y/o humedad ambiental

Al añadir bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) se ha observado un mejor crecimiento, mayor consumo de alimento, mejor conversión de alimento y mejoras sobre la calcificación del fémur. Resultados experimentales en estas condiciones demuestran que el aporte de bicarbonato mejora los rendimientos ya que las dietas con  $\text{NaHCO}_3$  fueron mejores que las dietas con carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), teniendo ambas fuentes igual nivel de BE.

**En estrés por calor se recomienda elevar el BE a un nivel de 300 mEq/kg en el alimento siendo que en condiciones prácticas de alimentación con los niveles típicos de uso de ingredientes se obtiene mejores resultados productivos al incluir bicarbonato de sodio ( 0.6 – 1.0 %) para restablecer las dietas a ese BE óptimo. En general, se sugiere evaluar el BE de las raciones para definir requerimientos de ajuste mediante uso de bicarbonato de sodio. (Cerrate y Gómez 2004)**

### ***11.2.6. La importancia del Zinc en la dieta.***

Se cree que el zinc regula la función inmune través de su asociación con varias enzimas implicadas con una rápida división celular. Bajas concentraciones de zinc en la dieta disminuye la activación de los macrófagos para contrarrestar a la E. Coli. Ha sido demostrado que el suplemento de zinc en la dieta aumenta la inmunidad celular. (Smith & Bartlett 1996)

#### **Uso del Zinc-Bacitracina durante el estrés calórico**

Diversos experimentos en años recientes han indicado los efectos benéficos sobre el rendimiento a través del uso de promotores de crecimiento, sobre todo el uso de zinc en combinación de bacitracina. Ha sido previamente demostrado que estos productos reducen los efectos negativos del estrés calórico en gallinas y pavos. En estos últimos años, ciertos laboratorios fabricantes de estos productos se han preguntado que si los mismos resultados se podrán obtener en pollos de engorda. De

tal modo, para contestar tal pregunta, se llevó a cabo un estudio para evaluar los resultados del uso de zinc-bacitracina en pollos de engorda y a continuación se plantean los resultados.

800 pollitos de un día de edad de una línea comercial fueron alojados en casetas de piso por separado. Las aves se dividieron en cuatro grupos de prueba, cada uno con 200 pollitos y 8 réplicas. Dos grupos de prueba fueron alojados en un cuarto con 20°C de T° y los otros dos grupos en otro cuarto con una T° constante de 34°C. Un grupo de prueba en cada nivel de T° se le dio un producto comercial en la dieta suplementada con 50 ppm de zinc-bacitracina y los otros dos grupos sirvieron de controles.

Los pollos se alojaron durante un periodo de 49 días. Se evaluó la ganancia de peso vivo, conversión alimenticia y la mortalidad, así como la producción de calor (entre los 22 y 28 días de edad) y estos fueron los resultados (Cuadro 17):

Ganancia de peso (T° 20°C).- A pesar del alto peso de las aves de control a los 49 días (2806 g) el peso promedio de las aves suplementadas con zinc-bacitracina incrementó un 3.7%. A 34°C el peso de las aves de control (1802 g) fue dramáticamente más baja que la de las aves de control a 20°C. No obstante, las aves con zinc-bacitracina incrementó el promedio de peso vivo de 10.8%

Tasa de conversión alimenticia(20°C).- incrementó de 3.7% a 20°C y de 6.1% a 34°C comparados con sus respectivos controles.

Producción de calor.- Se midió entre los días 22 y 28, la producción de calor en las aves suplementadas se redujo de 3.9% a 20°C y de 9.3% a 34°C, comparados a sus respectivos controles

Mortalidad.- A 20°C la mortalidad se redujo en un 1.0% comparado con el grupo de control. A 34°C se observó una alta mortalidad en el grupo de control, probablemente debido a las altas temperaturas constantes. La mortalidad en las aves con zinc-bacitracina se redujo en un 15% comparado con su respectivo grupo control. (Berge 1993)

NOTA: Estos resultados no deben usarse como base para la elaboración de un programa de control nutricional del estrés calórico, mas bien solo como una guía.

**Cuadro 16. Efecto de la adición de zinc al alimento.**

| Temperatura                               | 20°C | 34°C  |
|---|------|-------|
| <i>Ganancia de peso (%)</i>               | +3.7 | +10.8 |
| <i>Tasa de conversión alimenticia (%)</i> | +3.6 | +6.1  |
| <i>Producción de calor (%)</i>            | -3.9 | -9.3  |
| <i>Mortalidad (%)</i>                     | -1.0 | -15.9 |

Fuente: Berge 1993

### **11.2.7. Calcio y Calidad de la cáscara.**

La formación de la cáscara crea una condición de acidosis debido a la formación de iones hidrógeno generados por la síntesis de carbonato de calcio. Un correcto balance electrolítico en las ponedoras es necesario para aliviar esta condición. Esta es quizás la principal causa del deterioro de la calidad de la cáscara durante el estrés calórico. Ocasionalmente el deterioro en la calidad de la cáscara bajo estrés calórico podría deberse a un menor consumo de calcio, pero en la práctica esto es poco probable debido a que los alimentos comerciales tienden a contener niveles de calcio suficientes aún incluso con bajos consumos de alimento. Generalmente se recomienda un consumo máximo de 4 g Ca/día. esto principalmente para gallinas después de unas 40 semanas de edad. Este consumo se logra por ej. con una dieta que contiene 4% de calcio y se consumen 100 g por día o con 4.3% de calcio para un consumo de 93 g/día. Gallinas jóvenes usualmente requieren niveles de calcio inferiores.

La suplementación de calcio (caliza o concha granulados) extra directamente en la granja, agregado sobre el alimento, es una práctica que muchos granjeros realizan y consideran que les es funcional aunque no existen evaluaciones detalladas de su beneficio. Es posible que los excesos de calcio que las aves consumen y no absorben

sean excretados directamente en las heces sin causar mayor problema desde el punto de vista nutricional. (Zumbado 2002)

En general, los siguientes protocolos de alimento durante los periodos de aumento de temperatura son generalmente considerados apropiados.

- Llevar el control de los cambios en los patrones del clima. Con la tecnología que existe ahora para predecir el clima, los productores avícolas no tienen grandes sorpresas en los cambios del clima. Anticípese a los cambios del clima.
- Como una regla general, por cada 2.5°C (5° F) que aumenta la T° en la caseta arriba de 29°C (85°F), el contenido de la energía del alimento debe ser reducido aproximadamente a 22Kcal/Kg.
- Se reconoce que la grasa tiene un incremento de calor mas bajo que los nutrientes de energía (por ejm carbohidratos y proteína). En comparación a la proteína y los carbohidratos, la digestión de grasa resulta en menos producción de calor corporal por caloría de energía de alimento. El calor del ave puede reducirse al reemplazar otra energía dietética con grasa dietética. Al usar mayor cantidad de grasas y aceites, evita que se genere energía calórica por el metabolismo de los alimentos. Las proteínas son los nutrientes que generan mayor calor, se puede suministrar una mayor proporción de energía en la dieta usando grasas ó aceites. (Banda 2001)
- Generalmente el contenido de energía en el alimento debe ser reducido gradualmente en incrementos de 22-33 Kcal/Kg. La reducción de calorías de esta magnitud puede ser realizada por lo menos dos veces por semana.
- La opción de cambiar las especificaciones del alimento para aumentar la ingesta de nutrientes cuando los pollos sufren estrés de calor, no es aconsejable, ya que esto puede tener un efecto adverso sobre la supervivencia de las aves. No obstante, lo que puede resultar beneficioso es *aumentar la digestibilidad de los nutrientes* y utilizar microingredientes especiales en estos periodos de calor.
- *Proteínas y aminoácidos.*- Se debe aumentar la *digestibilidad* mas que la *densidad* de los nutrientes. Minimizar el exceso de proteína y equilibrar los aminoácidos manteniendo los consumos diarios de metionina (370 mg) y lisina

(700 mg) , así como minimizar los niveles de proteína cruda en la dieta correspondiente. (Grieve 2003; Lesson 1996). Resultados encontrados por Koelkebeck et al. (1998), demuestran que el estrés calórico agudo no tiene efectos adversos sobre la digestibilidad de los aminoácidos en gallinas ponedoras. (Koelkebeck et al. 1998)

- Restrinja el consumo de alimento aproximadamente tres horas antes de que las temperaturas excedan 36°C (95°F) por mas de tres horas. Ajuste el programa de iluminación para animar el consumo de alimento por la noche y temprano por la mañana. Una alimentación a media noche o un programa de luz intermitente puede animar a las aves a consumir por la noche.
- La vitamina C en la ración (50 a 300 g/tonelada de alimento) puede proteger a las aves de efectos de estrés por calor y mejora la viabilidad de las aves expuestas a un estrés por calor severo. (Grieve 2003)
- El uso de enzimas exógenas que permitan mejorar la digestibilidad de ciertos compuestos en algunas materias primas de uso común en dietas de aves puede ser de ayuda en climas cálidos. Por ejemplo, la harina de soya tiene una baja digestibilidad de ciertos compuestos de la pared celular, como es el caso de los b-mananos, que impiden aprovechar su energía en forma eficiente. Igual situación ocurre con el uso de trigo en las dietas dado su alto nivel de xilanos y b-glucanos que provocan alta viscosidad a nivel intestinal afectando la digestibilidad total de las dietas.(Zumbado 2003)
- Uso de Nicarbazín: Muchos investigadores han comprobado que el nicarbazin incrementa la mortalidad durante periodos de estrés calórico. Wiernusz y Teeter (1991) observaron que Maxiban,, una combinación de narasín y nicarbazin (50 ppm cada uno), reducía la supervivencia del ave durante el estrés calórico. La acción de la toxicidad del nicarbazin está relacionada con el incremento en la producción de calor. Aunque el nicarbazin es una droga anticoccidial efectiva, su uso debe ser evitado durante periodos de calor, así se use en combinación con otro anticoccidial. (Wiernusz 1999)

**No utilice Nicarbazina (anticoccidial) durante el clima más caluroso, ya que agrava el estrés por calor induciendo a la mortalidad. (Grieve 2003; Wiernusz 1999)**

### **11.3. Manejo del agua.**

El consumo de agua del ave estresada por calor es un aspecto de suma importancia. Su importancia radica en el hecho de que el ave estresada por calor disipa más del 80% de su producción calórica por medio del enfriamiento evaporativo. La incorporación de sales al agua potable del ave altera su balance osmótico, aumenta el consumo de agua e influye en el balance del agua. Se ha demostrado que suministrar cloruro de potasio al agua durante el estrés calórico mejora el desempeño y reduce el suero de corticosterona. Algunos estudios indican que el aumento del consumo de agua beneficia al ave pues actúa como un receptor de calor e incrementa la cantidad de calor disipado por cada respiro. Estos efectos de balance térmico se pueden observar principalmente cuando la temperatura del agua desciende a/o por debajo de 28°C. Los beneficios del desempeño (crecimiento, eficacia del alimento y sobrevivencia) dependen del medio ambiente. Cada variable de desempeño ha sido mejorada implementado mejoras en el manejo del agua bajo condiciones específicas.

El grado de disipación evaporativa de calor y las calorías disipadas por cada respiro están correlacionados con el nivel de consumo y balance del agua. Las aves con un balance de agua positivo son más capaces de mantener su balance corporal térmico. Esta relación es importante ya que el estrés calórico incrementa la producción de orina independientemente del consumo de agua, y conduce al ave a sostener niveles de consumo de agua más altos que los requeridos para simplemente reemplazar la pérdida de ésta debido al enfriamiento evaporativo.

A continuación se muestran otros puntos importantes a considerar en el manejo del agua:

- El manejo de aves se centra en el consumo de agua para alcanzar un potencial máximo de enfriamiento evaporativo y disipación de calorías por respiro. El incremento del consumo de agua con KCl y/o la reducción de la temperatura del agua eleva la capacidad del enfriamiento evaporativo y el calor disipado por

respiro. Datos indican que incrementar el consumo de agua en un 20% por encima de los niveles del baso puede incrementar la pérdida de calor por respiro hasta en un 30%. (Wiernusz 1999)

- Durante los periodos de alta temperatura, el lote tiene una demanda grande de agua de beber. La ración de agua / alimento es normalmente de 2 : 1 a 21 °C (70° F), pero aumenta de 8 : 1 a 38°C (100° F). Es crítico mantener agua de beber disponible para estos lotes en las cantidades requeridas. Los lotes criados en piso o los reproductores, deben contar con bebederos adicionales lo cual ayuda a acomodar el aumento de agua necesario.
- No remueva el agua de los lotes cuando vaya a vacunar por medio del agua. Las aves están sedientas ya de por sí y no se recomienda negarles el agua. Posponga estas vacunaciones cuando sea posible. El estrés por calor en las aves afecta la función del sistema inmune y puede que no respondan tan bien a las vacunaciones. (Grieve 2003)
- Como norma aproximada, el consumo de agua aumenta un 6% por cada grado centígrado de incremento de la T° (ambiental), apartir de 20°C, lo que supone 1.8 a 2 veces la cantidad usual de alimento. Galaz (2004) dice que el aumento del consumo de agua es de 1.7% por cada 1°C de aumento de T°. Debe asegurar se el buen funcionamiento de los bebederos y que las aves tengan suficiente espacio para acceder a ellos. (Cockshott 2004)

### **11.3.1. Temperatura del agua**

Existe una interacción entre la incorporación de sales al agua y la temperatura de ésta. Los datos presentados en el Cuadro 17, que representan un promedio de tres experimentos, indican que el agua fortificada con KCl aumentó el consumo de alimento y el crecimiento cuando la temperatura del agua consumida era más baja que la temperatura corporal del ave. La incorporación de sal al agua a una temperatura similar no arrojó un efecto benéfico. Sin embargo, se comprobó que la reducción de la temperatura del agua sin agregar sal para estimular el consumo de agua, también fue benéfica. De hecho, los efectos en la reducción de la temperatura del agua y la incorporación de sal se complementaron. El mejoramiento en el crecimiento se debió a

que las aves consumieron más alimento, lo cuál compensó parcialmente los efectos hipotérmicos.(Wiernusz 1999)

**Cuadro 17**

**Efectos de la T° del agua y KCl en aves estresadas por calor<sup>1</sup>**

| Temperatura<br><i>T° del agua °F (°C)</i> | ADG (g)        |                   | Consumo diaria de agua (ml) |                   | T° Corporal    |                   |
|---|----------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|----------------|-------------------|
|   | <i>Control</i> | <i>+5% de KCl</i> | <i>Control</i>              | <i>+5% de KCl</i> | <i>Control</i> | <i>+5% de KCl</i> |
| 55 (13)                                   | 55.4           | 60.2              | 364                         | 470               | 42.8           | 42.7              |
| 88 (31)                                   | 50.3           | 56.5              | 359                         | 466               | 43.1           | 42.9              |
| 108 (42)                                  | 47.0           | 42.5              | 364                         | 340               | 43.3           | 43.1              |

<sup>1</sup>Tres pruebas combinadas

Fuente: Wiernusz 1999

Es muy importante mantener el agua de beber fresca limpiando la tubería con chorro de agua fresca mas fría ya que esto ha demostrado aumentar el consumo de alimento y la producción de huevo en aves que estén experimentando estrés por calor. Desafortunadamente, el agua de un sistema de bebederos cerrado con tubería plástica se equilibra rápidamente con la T° ambiental (aire), haciendo difícil enfriar el agua que este por debajo de la T° del aire, particularmente al final de las tuberías de agua que son muy largas. (Grieve 2003)

**11.3.2. Fortificación del agua con minerales.**

Existe en la avicultura una percepción general en el sentido que la suplementación del agua de bebida con bicarbonato de sodio es benéfica para los pollos expuestos a temperaturas superiores a los 35°C y el cual es considerada en esta revisión.

Basándose en la comprensión del mecanismo de adaptación respiratoria después del estrés calórico, es conveniente “ evaluar “ la suplementación del agua con bicarbonato de sodio. Bottje y Harrison (1985), demostraron que la administración de una solución de bicarbonato de sodio al 2% resultaba tanto en una alcalosis metabólica como respiratoria. En contraste, la suplementación de las raciones con bicarbonato de sodio al 0.5% (ver uso del bicarbonato de sodio) mejoraba el aumento de peso en 8%,

aunque el pH sanguíneo aumentaba bajo el estrés calórico crónico. La suplementación de la dieta con 0.5% de bicarbonato de sodio, funciona de manera sinérgica con 1% de cloruro de amonio, en lo que respecta el aumento de peso en pollos de engorda sometidos a estrés calórico. Por otro lado, la suplementación con 1% bicarbonato de sodio, no tuvo efecto benéfico sobre la tasas de crecimiento y afectó negativamente la conversión alimenticia.

La manipulación del consumo de electrolitos tiene un efecto limitado para los pollos de engorda sometidos a estrés calórico.

Bottje y Harrison (1985) demostraron claramente el efecto benéfico de proporcionar agua carbonatada a parvadas sometidas a estrés calórico. En estos estudios el bióxido de carbono se añadió al agua de bebida empleando un medicador comercial. La sustitución del agua usada normalmente como agua carbonatada, mejoró la expectativa de vida, la ingesta de alimento, la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia. El agua carbonatada resultó eficaz para invertir el cambio en el pH de la sangre asociado con la alcalosis respiratoria inducida por el jadeo prolongado. (Shane 1992)

A pesar de que en esta área se han sugerido múltiples interacciones, no existen suficientes datos para apoyarlos. Es importante, sin embargo, mencionar que existe mas evidencia sobre el efecto benéfico de la adición de las sales de potasio que las de sodio. Se ha observado que en pollos bajo estrés calórico la adición de KCl (cloruro de potasio) específicamente, no solo mejoró la productividad, sino también redujo la corticosterona sérica.

En algunos experimentos se ha demostrado que la adición de KCl aumentó el consumo de alimento y la tasa de crecimiento cuando el agua estaba a menor temperatura que la del ave y que los efectos de la adición de KCl y la reducción de la T° del agua fueron aditivos. Teeter 1995)

## **11.4. Diseño de alojamientos para el control del estrés por calor**

Las investigaciones emprendidas desde hace muchos años en cuestión de construcción de granjas tienen como objeto llenar las exigencias fisiológicas de los animales, para que aquellos exterioricen lo mejor de su potencial genético y que los avicultores obtengan altos rendimientos zootécnicos y bajos costos de manejo (Villalpando 2000)

A continuación exponemos algunos de los puntos que se deben de considerar antes de establecer una granja:

### **11.4.1. Orientación de las casetas.**

Este rubro es el primero que debe de tomarse en cuenta cuando se diseña una caseta en zonas de alta temperatura. En términos generales, el eje longitudinal de la caseta debe ser de este-oeste, Con esta ubicación, se evitarañ mañanañ soleadañ en el este de la caseta y tardeñ soleadañ en el oeste de la caseta. También hay que tomar en cuenta al momento de diseñar la caseta la ubicación del mismo, escoger un lugar donde hay mas brisa, muchos árboles y lejos de la ciudad. (Banda 2001; Nilipour 1999)

### **11.4.2. Altura y ancho de casetas.**

Con relación a la altura de la caseta, mientras mas distancia exista entre el techo y las aves, se reducirán los efectos del calor, tanto el calor que el techo recibe del sol y posteriormente lo transmite a las aves, como el producido por las mismas aves como producto del metabolismo. Se recomienda una altura en la parte mas baja del techo de 2.5 a 3 m y en el centro (la parte mas alta) de 4.25 a 5.2m. Con relación al ancho, se recomienda que sea de 10 a 12 m, con la finalidad de facilitar la ventilación y eliminación del aire caliente.

### **11.4.3. Aleros y paredes.**

Una buena porción del techo debe extenderse mas allá de la pared de la caseta para formar lo que se conoce como aleros, estos tienen como objetivo conferir sombra a las aves y evitar la entrada de lluvias fuertes dentro de la galera, el ancho de los

mismos pueden ser de hasta un metro. Las paredes laterales deben tener la menor altura posible, de tal manera que la ventilación sea más eficiente.

#### **11.4.4. Aislamiento térmico.**

Muchos autores recomiendan el uso de los aislantes térmicos, sin embargo los efectos más benéficos se alcanzan en climas fríos (ver aislamiento y cobertura de galpones). La mayor importancia del aislamiento se debe ubicar en el techo, por su importancia de radiación de calor a las aves. Existen revestimientos elaborados a partir de poliuretano y poliestireno. Dichos materiales deben mostrar resistencia a la transferencia de calor, lo que se ha denominado *resistencia térmica* o valor *R*. Este valor *R* depende de la naturaleza del material y el espesor de la capa aplicada. Para los climas cálidos este valor *R* debe ser de alrededor de 4. (Banda 2001)

**Cuadro 18. Recomendaciones sobre el tipo de nave y la densidad adecuada para pollos**

| Tipo de nave             | Densidad máxima para el sacrificio<br>(Kg./m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|---|
| Cerrada                  | 30  |
| Cerrada - época de calor | 24 -26  |
| Abierta                  | 20 - 25   |
| Abierta – época de calor | 16 - 18   |

Fuente: Cockshott 2004

#### **11.4.5. Otros puntos a considerar**

En el año 2000 Álvarez, et. al propusieron un diseño de nave para aves ponedoras que puede ser extendido a aves de carne, donde, con algunos cambios en la estructura de las naves actuales podría reducirse aún la *T* a la altura de las aves, con estimados de 2°C a 3°C de reducción, pero sin comprobación experimental. Estos cambios consisten en:

1. Determinar la dirección más probable del viento en el lugar para orientar las naves transversales a ella de manera que se utilice al máximo la ventilación natural.
2. Construir en el parte – aguas de la nave una chimenea a todo lo largo de ella que sirva a la expulsión del aire caliente y los contaminantes producidos por las aves.
3. Construir un doble techo más separado uno del otro en la parte inferior que en la superior para que el viento que entra se acelere por efecto Bernoulli y saque el aire caliente entre ambos techos por la chimenea.
4. Prolongar los aleros hasta 0.80 o 1 metro de la pared para evitar que la radiación inclinada que rechaza el suelo se introduzca en la nave.
5. Plantar árboles de alto porte(mangos, aguacates, etc.) en los alrededores de la nave, que permitan el paso del viento en la parte baja y produzcan sombra sobre el techo.

#### ***11.4.6. Factores de riesgo ligados a la construcción.***

Numerosas encuestas, pruebas y mediciones realizadas en las granjas de pollos, de pavos y de ponedoras de huevo comercial, han permitido establecer relaciones entre ciertos tipos o estructuras de construcciones avícolas y de problemas de engorda.

De esta forma, ciertos factores de riesgo tanto en nivel de la concepción de las construcciones como de su manejo, fueron puestas en evidencia. Ciertas anomalías observadas en la explotación avícola permitieron a los avicultores mejorar progresivamente su herramienta de trabajo que constituye la granja.

##### **11.4.6.1. Camas húmedas**

En los casos donde la cama es de mala calidad, se observan a menudo problemas sanitarios y malos resultados, hay que recordar que un exceso de humedad empeora una situación de estrés por calor.

### **11.4.6.2. Cambio de temperatura**

Cambios bruscos de T° superiores a 5°C, es un medio no satisfactorio aún si la T° esta dentro del área de confort del ave, en principio son también factores de riesgo importantes. Estos pueden deberse a:

- De un mal aislamiento (techos y paredes)
- De un sitio expuesto (mala ubicación de la caseta)
- De una mala concepción o funcionamiento de la ventilación

### **11.4.6.3. Renovación de aire insuficiente**

Al final de la engorda, en cualquier estación, se puede observar una fuerte desaceleración del crecimiento ligado a menudo a problemas respiratorios. Las causas pueden ser:

- La ubicación de la construcción en general hundida y húmeda
- El volumen del aire insuficiente del que dispone el animal
- Una mala conducción de la ventilación, cantidad insuficiente de ventiladores y extractores.

### **11.4.7. Otras opciones de manejo en las casetas**

- Pintar el techo blanco: Es muy útil pintar el techo con una pintura blanca para evitar la radiación del sol.
- Sembrar árboles de hojas verdes y grandes: los árboles pueden brindar mucha sombra en los techos, y crear un ambiente mas fresco para los pollos.
- Podar y limpiar: Podar las ramas de los árboles para que no obstruyan el paso del aire. No dejar objetos de metal alrededor de la caseta para evitar la reflexión adentro de esta. Cortar la hierba, ya que esta puede aumentar la humedad.
- Ventiladores: Instalar ventiladores para estimular el movimiento del aire. Los mejores ventiladores son de 48 pulgadas y deben instalarse cada 15 a 20 metros dependiendo del ancho de la galera. (ver ventilación)
- Ventilación túnel: Si se sabe como manejarla (ver ventilación túnel), es una manera de aumentar la densidad en las fincas, y proveer un ambiente óptimo para los pollos.

- Más bebederos es muy importante tener 25% mas bebederos en los climas tropicales. Cuando los pollos tienen calor toman 2 a 4 veces mas agua de lo normal para bajar la T° de su cuerpo. Asegurarse que la T° del agua no exceda los 24°C.
- Aspersores: En los climas tropicales en general, no es recomendable utilizar los aspersores adentro de la galera, sino fuera. Mientras tanto, es una buena idea instalar los aspersores afuera en el techo para mojarlos y así bajar un poco la T° del sol caliente.
- Menos densidad: En los meses cuando hay mucho calor, se puede bajar la densidad de los pollos por m<sup>2</sup>, de uno a dos pollos menos. (Nilipour 1999)

En un estudio realizado en Cuba, cubriendo algunos detalles en una caseta avícola durante periodos de altas temperaturas, se logró reducir la temperatura en la caseta, y se obtuvieron los siguientes resultados:

1°C por pintura de los techos de la nave

2°C por diseño optimizado del techo

4°C por ventilación artificial

1°C por evitar el hacinamiento de las gallinas

**8°C Total**

Si se tiene en cuenta que la T alcanza sus valores máximos entre las 0100 y las 1600 horas (local) el dispositivo de ventilación sólo trabajará entre estas horas, reduciendo temperaturas de 33°C hasta 25°C y en el caso más probable de 31°C a 23°C. Esto significa, de acuerdo con los datos hallados por El Buoshy y Van Marle (1981) un incremento de 0.5 a 0.7 huevos por día por gallina (0.2 huevos / día /gallina) que para una nave contentiva de 10000 ponedoras (lo recomendado de acuerdo con los problemas de hacinamiento) significa un incremento de 2000 huevos diarios o 730 000 huevos por año que a los precios de mercado pueden pagar la inversión en menos de un año, sin contar la reducción de la mortandad por estrés calórico que alcanza las 200 gallinas por nave por día en Las Tunas (Cuba). (Álvarez et al. 2002)

## 11.5. Control ambiental en las casetas avícolas

El control del ambiente dentro de los galpones de pollo, es todavía hoy un asunto pendiente en la avicultura moderna. Si bien en buena parte de los países con gran cultura de producción avícola existen muchas formas de poder controlar el ambiente dentro de los galpones avícolas, con buenos resultados, se desarrollarán de aquí en adelante las principales situaciones con las que nos podemos encontrar en la avicultura y cómo ha venido desarrollándose en los últimos años, para dar paso a la ventilación de tipo túnel, en épocas de calor.

La necesidad de nuevos tipos de control ambiental surge debido al mayor desarrollo de nuestras aves genéticamente mejoradas y mejor alimentadas. En la actualidad se prefiere un ave de mayor tamaño que por lo tanto es más susceptible al estrés calórico, por lo cual existe una mayor exigencia para los sistemas de control ambiental en los galpones.

Hay que considerar que la  $T^{\circ}$  puede variar en cada época del año con diferente humedad relativa, dependiendo también a su vez del lugar.

Como consecuencia, los galpones habituales hoy en día se construyen mejor, para hacerlos más estancos y para incorporar aislamientos que permitan reducir las acumulaciones y pérdidas imprevistas de calor. Cada vez más se está utilizando hoy en día las ventilaciones de tipo túnel y el enfriamiento evaporativo para conseguir mantener a las aves en temperaturas cercanas al ideal posible.

Prácticamente en el control ambiental durante un periodo de estrés por calor, se enfoca casi en su totalidad en el manejo de la ventilación artificial y cabe mencionar que la ventilación natural es de poca ayuda durante un problema de estos, ya que este depende en su totalidad del movimiento natural del aire y en épocas calurosas, la temperatura del aire también se eleva.

De tal manera, es necesario implantar un sistema de ventilación artificial mediante el uso de ventiladores y extractores y por última instancia, la implantación de un sistema de enfriamiento evaporativo, conforme lo requiera la situación.

En el primer momento en que se baja el animal dentro del galpón es necesario mantener la temperatura en una banda muy estrecha (entre 29°C y 31°C), tanto para evitar que el animal muera por frío como muera por deshidratación. Durante la primera semana las aves comienzan a poder regular su temperatura corporal. Al finalizar la tercer semana el ave está totalmente emplumada y entra en una fase de crecimiento muy acelerada. A partir de estos momentos el control de la temperatura todavía es importante, pero entran a jugar otros factores como el nivel de humedad y de amoníaco.

Las cuatro últimas semanas de vida, el control ambiental consiste sobre todo en el enfriamiento del galpón, pero a medida que las aves crecen también aportan mucha más humedad al ambiente. El control ambiental debe extraer esta humedad del galpón, especialmente en tiempo de calor.

Las aves convierten el alimento y el agua en energía para el funcionamiento de sus órganos y músculos, para mantenerse calientes, para crecer y aumentar de peso. No son máquinas perfectas con el 100% de rendimiento, es decir generan un exceso apreciable de calor y de humedad.

Por ejemplo un galpón de 120 x 12 m que contenga 18000 aves de 7 semanas de edad producen aproximadamente casi 4000 litros de agua por día (eliminada por materia fecal y en respiración). Asimismo producen calor equivalente a unas 14 campanas de calefacción

### ***11.5.1. Factores que condicionan el ambiente***

Los factores que intervienen en el control ambiental son 4:

1. Temperatura ambiente.
2. Humedad relativa.
3. Renovación de oxígeno.
4. Gases nocivos.

### **11.5.2. ¿Qué es la ventilación?**

Ventilación significa introducir aire exterior adentro del galpón y sacar el aire que está dentro del galpón al exterior. Una ventilación adecuada significa remover la cantidad correcta de aire en el momento preciso y de manera tal que modifique la temperatura, la humedad y otras variables ambientales, a valores óptimos para el desarrollo de las aves. (Lehoz 2003)

Cuando las aves se someten a corrientes de aire con alta velocidad, se reduce la sensación térmica en las mismas, por lo que la velocidad del aire es un aspecto de suma importancia. Por ejemplo si el aire dentro de la caseta está a 32°C (a una humedad relativa normal), un flujo de aire con velocidad de 18.3 m por minuto hará que no tenga ningún efecto en las aves en la sensación de la temperatura. En cambio si se provoca una circulación de 60.96 m por minuto las aves tendrán la sensación de estar a 26.7°C y si el aire posee una velocidad de 122 m por minuto, tendrán la sensación de estar a 24°C. La velocidad recomendada de verano debe ser de 60 m por minuto, aunque en sistemas de túnel las ponedoras pueden soportar velocidades de 200 m por minuto. (Banda 2001)

Hay que poner bien en claro es que cuando nos referimos a ventilación incluye todas las épocas del año ya que los animales producen calor y evaporan agua durante todo el ciclo, siendo de mayor consideración en épocas de calor, de tal manera, en el presente trabajo nos enfocamos únicamente a esta última

En cuanto a la humedad relativa, la óptima generalmente está ubicada entre el 50% y el 70%. El problema más común es el exceso de humedad tanto en el invierno, presentando camas húmedas, producción de amoníaco, etc. como en el verano, evitando el intercambio de calor por jadeo de las aves. En cualquiera de los dos casos, la ventilación es el único medio práctico de reducir la humedad.

Además de que la ventilación ayuda a las aves para eliminar y remover el calor, también sirve para reponer oxígeno y eliminar otro tipo de gases nocivos para las aves, principalmente anhídrido carbónico y amoniaco(Lehoz 2003)

### **11.5.3. Objetivos y normas de ventilación**

Objetivos.- Una ventilación eficaz, ajustada correctamente, es sin duda el factor mas importante para tener éxito en la engorda avícola. El objetivo en general de la ventilación, es obviamente renovar el aire en el gallinero para:

- Mantener una buena oxigenación de los sujetos,
- Eliminar los gases tóxicos producidos por los animales, las camas y los aparatos de calefacción.
- Eliminar los excesos de calor y de humedad mediante un barrido homogéneo y perfectamente controlado de la zona de las aves.

Toda la ventilación de una granja de engorda de aves debe de seguir tres reglas fundamentales:

1. Un flujo de renovación de aire preciso,
2. Una buena difusión de aire nuevo y
3. El control de una buena regulación de la T° y la humedad. (Villalpando 2002)

### **11.5.4. Tipos de ventilación**

Entonces una ventilación eficaz sería aquella en la cual nosotros consiguiéramos tener controlada la temperatura y la humedad fundamentalmente, teniendo como segundo objetivo suministrar el suficiente aire fresco y evacuar los gases nocivos.

Existen muchos tipos diferentes de ventilación, hablaremos ahora de los modelos más importantes que se utilizan en la actualidad:

- **Ventilación natural por cortinas.**
- **Ventilación por presión negativa.**
- **Ventilación positiva.**
- **Ventilación por recirculación de aire.**

#### **11.5.4.1. Ventilación natural por cortinas.**

Dicha ventilación es aceptable siempre y cuando la diferencia entre la temperatura exterior y la temperatura deseada interior no sea mayor de 8°C. Si bien es un tipo de ventilación donde existe un ahorro energético importante, su manejo es muy crítico. Se mejora bastante cuando la apertura de la cortina es hecha en forma automática.

El problema que surge con este tipo de ventilación es que no se controla cual es el caudal de aire ingresado dentro del galpón ya que depende del viento exterior, a mayor viento mayor caudal de aire ingresado. Por esta consecuencia en muchas ocasiones nos quedaremos cortos de ventilación, ocasionándose el problema de mal ambiente con la consiguiente acumulación de calor y gases nocivos.

Este tipo de ventilación se comporta de una forma mejor cuando es controlado por sistemas electrónicos capaces de medir la temperatura y actuar en el caso de que no sea la correcta. (Lahoz 2003)

#### **11.5.4.2. Ventilación por recirculación de aire**

Este tipo de ventilación es el más empleado hoy en día en los galpones convencionales, para épocas de calor, consistente en ventiladores de movimiento de aire de caudal medio (aproximadamente 1 m. de diámetro), los cuales pueden estar dispuestos de muchas formas, en la parte central a lo largo del galpón, en un lateral o intercalados dentro del galpón.

Dicho sistema produce una alta velocidad de aire en una distancia cercana al ventilador pero que rápidamente disminuye conforme nos vamos separando de él, por lo cual genera un confort adecuado en la zona más cercana al ventilador.

En esta opción de ventilación muchas veces se intenta aprovechar la velocidad de viento exterior predominante que puede variar según las zonas.

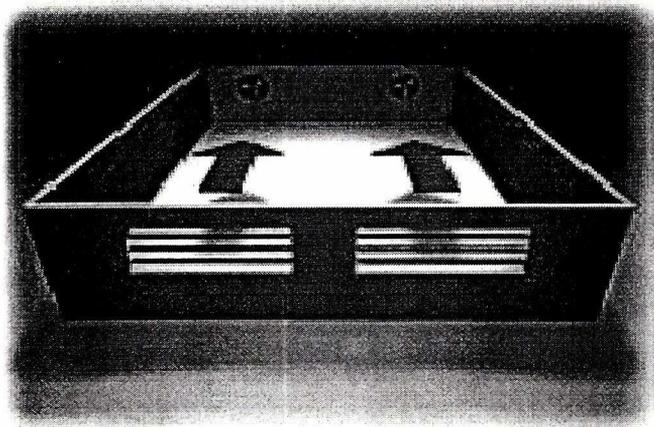
Esta forma de ventilación es solamente válida para estaciones calurosas. En ningún caso se utiliza para hacer ventilaciones mínimas de invierno. Con este tipo de ventilación *no se consigue alta renovación de aire* ya que la función que están cumpliendo los ventiladores es recircular el aire dentro del galpón, dejando la renovación de aire fresco en manos del viento exterior existente.

#### **11.5.4.3. Ventilación por presión negativa y positiva**

Para explicar la diferencia entre presión positiva y presión negativa quiero explicarles como se comporta el aire:

- El aire se comporta similar al agua.
- El aire fluye de una alta presión a una baja presión (figura 12).
- La velocidad depende de la diferencia de presiones.
- El aire frío tiene mayor peso que el aire caliente.

**Figura 12. Esquematzación de la ventilación por presión negativa**



Fuente: Orozco 2002c

La ventilación positiva se comporta similar al agua que sale de una manguera, que trata de expandirse cuando sale de esta, pierde velocidad a medida que avanza hasta un límite máximo, desvía su rumbo cuando se choca con un objeto buscando un camino más fácil. El aire que sale de un ventilador no sólo se expande sino que en más

de un 50% éste se queda recirculando alrededor del ventilador, se desvía cuando choca contra las aves o cualquier objeto, por lo que muy pocas aves realmente se benefician de él. El aire pierde velocidad a medida que avanza, esto hace que la diferencia de velocidades sea muy disparejo dentro del galpón teniendo una gran cantidad de zonas muertas. La similitud de la presión negativa es, en cambio como el agua que atraviesa un río, ella sigue la dirección del río, mantiene su velocidad a lo largo de todo su recorrido aunque más rápido en el centro que en las orillas, sigue su rumbo incluso cuando choca con la piedras, en el caso del aire este sigue el trayecto del galpón delimitado por las cortinas y mantiene una velocidad constante a lo largo del galpón siendo un poco más alta en el centro que al lado de las cortinas, él atraviesa todas las aves siendo todas beneficiadas por el enfriamiento que produce la velocidad del viento. En el caso de un túnel de ventilación este sistema lo que hace es sacar provecho de las características físicas del comportamiento del aire, los extractores producen una presión negativa interna haciendo que el aire fluya desde el extremo opuesto del galpón. (Orozco 2002c)

#### **11.5.4.3.1. Ventilación por presión negativa**

Dicha ventilación consiste en extraer el aire que hay dentro del galpón de forma controlada, mientras que el ingreso del aire al galpón también se hace de manera controlada generando un vacío dentro del galpón. De esta forma se consigue un flujo mucho más estable y mejor distribuido dentro del galpón. Según estas consideraciones la renovación de aire del galpón no depende para nada de la velocidad de viento externa existente.

Este sistema de ventilación sirve tanto para invierno como para verano. Para invierno se utilizan los extractores del tipo de 36" colocados de forma transversal en el galpón.

Para el verano se utilizan los extractores de 50" para la ventilación de tipo túnel, es decir los extractores se colocan en una punta del galpón y la entrada de aire se coloca en el otro extremo del galpón.

Los extractores que crean la presión negativa permiten un control más preciso del ambiente dentro del galpón que los ventiladores que insuflan aire, produciendo una presión positiva. Es mucho más fácil introducir aire en un galpón y hacerlo circular a través de él por aspiración que insuflándolo desde fuera.

La clave para una eficaz ventilación por presión negativa está en la estanqueidad del galpón es decir, conseguir que el aire entre solamente por las entradas de aires y no por entradas parásitas a lo largo del galpón.

Las fugas alrededor de las puertas, cortinas, aislamiento del cielo raso, etc, producen el efecto de otras tantas aberturas de admisión imprevistas. Debemos esforzarnos constantemente por lograr el cierre hermético de los galpones para obtener la mayor eficacia y rendimiento posibles de la ventilación por presión negativa. (Lohaz 2003; Anderson 1998)

#### **11.5.4.3.2. Ventilación por presión positiva**

Otro tipo de ventilación es el denominado ventilación por presión positiva donde los ventiladores empujan aire del exterior hacia el interior del galpón (efecto de inflar el galpón).

Los sistemas de presión positiva son utilizados normalmente con tiempo frío, estando equipado el galpón con ventilación por cortinas para el tiempo de calor. El sistema necesita de ventiladores instalados en una de las paredes laterales del galpón para la emisión de aire, colocando un quemador circular frente a la hélice, de modo que cuando el aire entra se calienta. Para que el sistema funcione correctamente es necesario colocar recirculadores de aire internos dirigidos hacia las aberturas de escape en los extremos del galpón.

El flujo de aire producido por un sistema de presión positiva es menos uniforme y regular que los que producen los sistemas de presión negativa. Este tipo de sistemas de ventilación se usa en zonas que son muy frías.

### **11.5.5. Sistemas de ambiente controlado**

Aparte de varios factores clave que debe de tener un buen sistema de ambiente controlado, como son mantener un apropiado nivel de oxígeno, remover los olores y gases tóxicos, minimizar la humedad interna de la caseta y tener una adecuada capacidad de calefacción (en tiempos de frío). Para mantener una T° aceptable, un buen sistema de ambiente controlado debe cumplir tres metas principales:

- 1. Remover el calor de la caseta**
- 2. Remover el calor de las aves**
- 3. Reducir la T° de aire entrante.**

Remover el calor de la caseta es necesario para que podamos uniformar las temperaturas desde la entrada de aire hasta el extremo final de la caseta para proveer el adecuado intercambio de aire. Para esto se requieren dos condiciones: remover el aire por lo menos una vez por minuto y tener una diferencia máxima de temperatura de 3°C entre ambos extremos. El calor que hay en una caseta es generado por el calor que entra por el techo, las cortinas laterales, los muros finales así como el calor producido por las aves y las luces. Podemos reducir la radiación que entra por el techo a través de un buen aislamiento (ver aislamiento de techos). Como el trabajo de los extractores es sacar el aire caliente, se estima que una caseta sin aislamiento de techo necesitará aproximadamente el doble de extractores por el calor adicional que tendrían que remover.

Para remover el calor de las aves pueden usarse varios métodos: bajar la T° del aire, reducir la humedad relativa y producir la velocidad de aire apropiada sobre las aves. Moviendo el aire sobre un objeto caliente se remueve el calor de ese objeto, al aumentar la velocidad del viento se produce una sensación de enfriamiento conocida como “ *Wind Chill* “. (ver cuadro 20)

**Cuadro 19. Relación entre la velocidad del aire y el efecto “ wind Chill “**

| Velocidad del aire en m/seg | Efecto de enfriamiento (wind chill) °C |
|-----------------------------|--|
| 0.5                         | -1                                     |
| 1.0                         | -2                                     |
| 2.0                         | -4                                     |
| 3.0                         | -6                                     |
| 4.0                         | -8                                     |
| 5.0                         | -10                                    |

Estudios han demostrado que por cada 10% en el aumento de los niveles de humedad relativa sobre el 50%, el efecto sobre las aves es el mismo que aumentar la T° 1°C. Estudios adicionales han demostrado que en un ambiente de 30°C si el aire se mueve a 1.5 m/seg, y es nebulizado, resulta tan comfortable como 20°C. (Orozco 2002a)

**Moviendo el aire sobre un objeto caliente se remueve el calor de ese objeto**

(Orozco 2002)

### ***Sistema de ventilación túnel y enfriamiento evaporativo en casetas avícolas.***

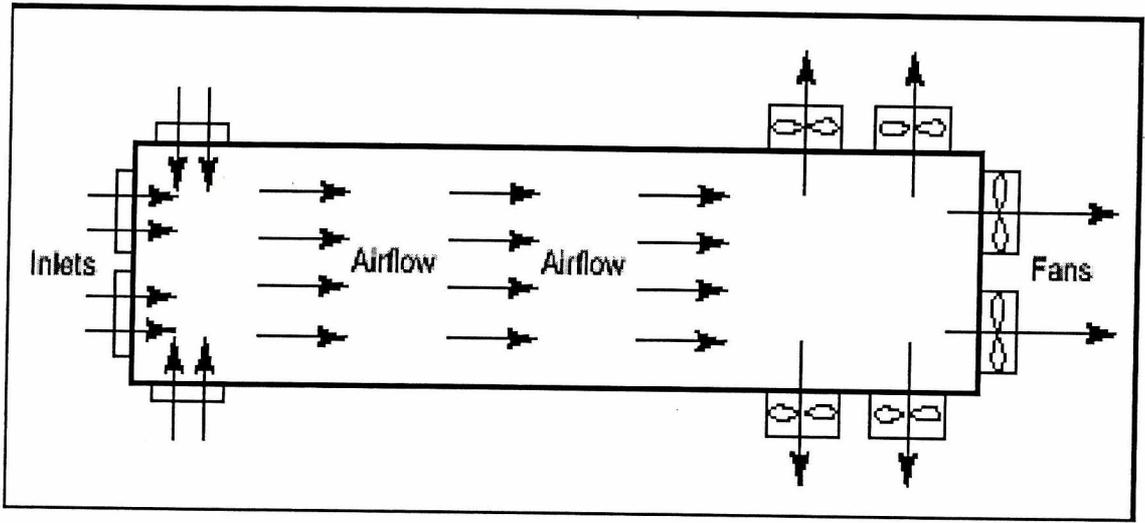
#### **11.5.5.1. Ventilación túnel**

A medida que la temperatura alrededor de las aves continua subiendo, mas allá de la zona termoneutral, la ventilación natural ya no es adecuada y se requiere un sistema de ventilación para tiempo caluroso. El método mas efectivo para enfriar a las aves bajo estas circunstancias, es por movimiento del aire, lo cual es posible obtener por medio de sistema de ventilación de *presión negativa* llamado **ventilación túnel**. (Villalpando 2000)

La ventilación túnel usa ventiladores extractores (generalmente de 50”) para tirar el aire, que viene a través de las entradas de aire ubicadas en el final opuesto de la caseta ( ver figuras 13 y 15). El flujo de aire producido por esta acción, baja la “T°

efectiva” de las aves y estas se sienten mas frescas (sensación térmica). El “enfriamiento efectivo” de las aves a través del movimiento de aire ocurre a velocidades de entre 39-183 metros/minuto). Es recomendado cambiar el aire de la caseta por lo menos una vez por minuto, para prevenir la acumulación de calor, proveer el aire fresco adecuado y remover el exceso de humedad.

**Figura 13. Esquematzación de una caseta con ventilación túnel**



Fuente: Jim Donald North Carolina State University.

Cuando la temperatura ambiente excede la temperatura deseada (en aves adultas normalmente de 21°C), por mas de 3°C, los primeros ventiladores de 50” entrarán en funcionamiento y las cortinas laterales se cerrarán. El efecto de presión negativa, hará que el aire fresco del exterior entre a la caseta, a través de las secciones de entradas de aire. A medida que la temperatura continúe subiendo, con las cortinas laterales completamente selladas, las siguientes etapas sucesivas de ventiladores entrarán en funcionamiento.

Es muy importante que el área de entrada del aire, ya sea con panel ó sin el, deberá ser calculada de acuerdo a la presión estática de los extractores, y así lograr la capacidad máxima de loas mismos; si el área no es la correcta no tendremos la velocidad deseada y por consiguiente la sensación será menor a la requerida. (Villalpando 2000)

### **11.5.5.2. Sistema de enfriamiento evaporativo.**

Como hemos visto, si la temperatura que ingresa al galpón es superior a 32°C, la sensación térmica del ave empieza a aumentarse, motivo por el cual es necesario utilizar sistemas de refrigeración evaporativos.

Los dos principales sistemas utilizados son:

- **Refrigeración por fogging (nebulización, sistema de riego).**
- **Refrigeración por cooling (panel evaporativo).**

El sistema de refrigeración por evaporación de agua se basa en el principio físico de que, para evaporar agua, se consume calor del ambiente, siendo como resultante la disminución de la temperatura ambiental y el aumento de la humedad relativa.

#### **11.5.5.2.1. Refrigeración por fogging**

En cuanto al sistema de evaporación por fogging (riego), cabe destacar que un sistema es eficaz siempre y cuando se utilicen picos de riego cuyo caudal sea entre 4 y 8 litros por hora. La presión de trabajo ideal de este sistema es entre 4 y 7 kg/cm<sup>2</sup>. En estas condiciones el tamaño de gota que se produce es lo suficientemente pequeño como para evaporarse antes de que llegue al suelo, evitando mojar la cama.

El sistema debe de estar colocado entre 2m. y 2,40m. de altura. Si la ubicación es más baja, corremos el riesgo de mojar mucho la cama, mientras que si la ubicación es más alta, se pierde eficiencia en el sistema.

Una de las pegas que tiene este sistema es que con aguas muy duras es necesario estar haciendo un mantenimiento permanente, para no encontrarse en algún momento determinado que la mitad de los picos están tapados y no funcionan.

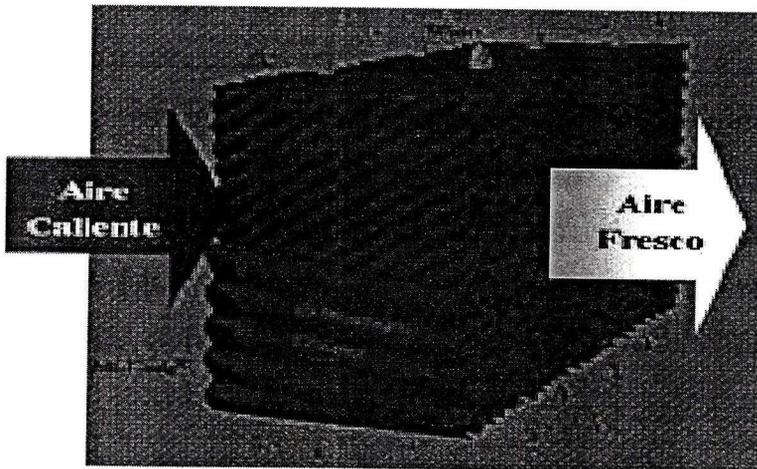
Conviene distanciar los picos de riego de manera que se de tiempo a que las gotitas se mezclen con el aire sin chocar unas con otras. La altura óptima de trabajo para este sistema de refrigeración es aproximadamente 2,20 m. Normalmente se colocan 3 líneas de refrigeración con picos cada 2,5 m.

La utilización de este sistema evaporativo es dependiente de la humedad relativa exterior ya que en ningún caso debería de sobrepasarse el 75 / 80% de humedad relativa interior. En el caso de que la humedad relativa exterior sea muy alta no debemos de utilizar el sistema de refrigeración, debiendo utilizarse únicamente el sistema de recirculación del aire. (Lahoz 2003)

#### **11.5.5.2.2. Enfriamiento evaporativo por paredes húmedas (panel evaporativo)**

Cuando la capacidad de la ventilación túnel ha sido maximizada y la  $T^{\circ}$  supera los  $29.5^{\circ}\text{C}$  mientras todos los ventiladores están funcionando, la bomba del sistema de enfriamiento por paredes húmedas, comienza a funcionar, los paneles se mojan y el aire caliente que pasa a través de ellos se enfría (Figura 18). El diferencial de temperatura para el encendido de las bombas dependerá de la  $T^{\circ}$  base y del último diferencial de los extractores de túnel ya que así no tendremos caída brusca de temperatura y evitaremos problemas respiratorios. (Villalpando 2000)

**Figura 14. Enfriamiento del aire a través del panel**



Fuente Orozco 2002c

El enfriamiento evaporativo es mas efectivo cuando el contenido de humedad en el aire es mas bajo y su aplicación es bastante aceptable como equipo de refrigeración en zonas áridas ó montañosas donde el contenido de humedad en el aire es bajo. Sin

embargo, esto no descarta que pueda ser utilizado en zonas tropicales, ya que a mayor temperatura, menor es el porcentaje de humedad relativa.

Para explicar este proceso hablemos de 3 conceptos principales que intervienen en el enfriamiento evaporativo:

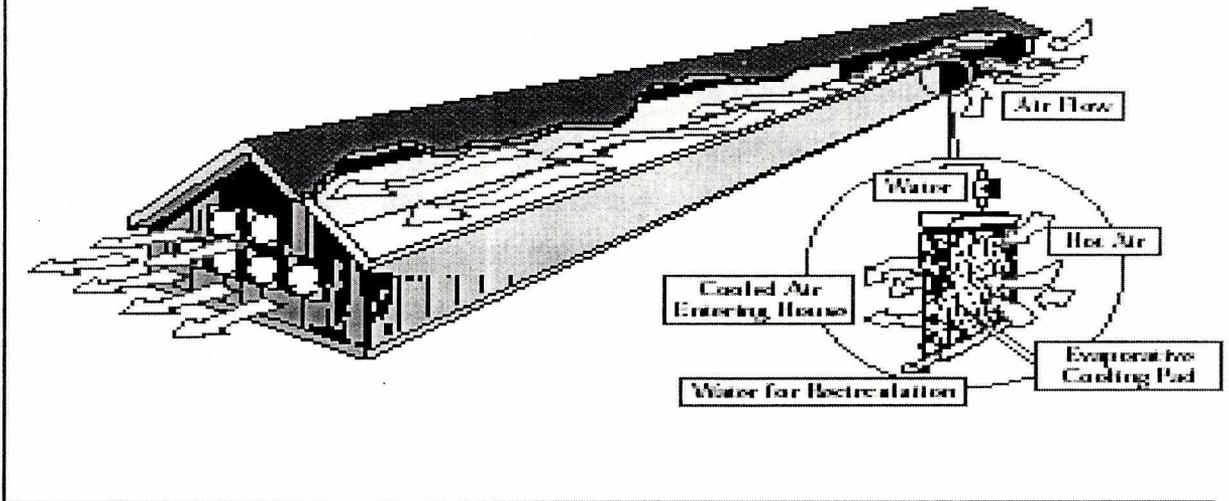
- **Temperatura de bulbo seco:** Es la temperatura normal, la lectura que nos da cualquier termómetro
- **Temperatura de bulbo húmedo:** Es la temperatura a la que se evapora el agua cuando se hace pasar aire sobre una superficie húmeda.
- **Humedad relativa:** Es la relación en volumen del contenido de humedad en el aire entre la cantidad de humedad que el aire pueda absorber.

La temperatura del bulbo húmedo la podemos sentir cuando salimos empapados de la ducha o de una piscina y nos pega una corriente de aire. Esta sensación fresca es precisamente la  $T^\circ$  de bulbo húmedo, ya que se está evaporando el agua de nuestra piel. La  $T^\circ$  de bulbo húmedo depende en proporción directa a la humedad relativa; a menor humedad relativa, menor es la  $T^\circ$  de bulbo húmedo y por lo tanto, menor la  $T^\circ$  que nosotros podemos obtener de nuestro sistema.

En una caseta con ventilación por túnel, el sistema de enfriamiento evaporativo se realiza por medio de una pared húmeda compuesta por paneles de celulosa, a través de esta pared se hace pasar el aire que entra a la caseta impulsado por los ventiladores (Figura 15). Estos se instalan en el extremo opuesto de donde se encuentran instaladas las paredes húmedas y jalan el aire por esa única entrada. La caseta tiene que estar bien sellada para que el aire que entra se introduzca únicamente a través de la pared de enfriamiento y provoque el efecto de "túnel" y el enfriamiento deseado.

Figura 15. Esquematación del enfriamiento evaporativo con túnel

PAD COOLING WITH TUNNEL VENTILATION



La pared húmeda consiste en un sistema de recirculación de agua en donde se irriga a unos paneles de celulosa. Estos paneles son el corazón de este sistema. Un sistema de bombeo toma agua de un tanque y la suministra a los paneles por la parte superior a través de una tubería perforada. Es muy importante que la celulosa con la que están fabricados los paneles sea de fibra larga y posea las características necesarias para soportar hasta cuatro veces su peso sin deformarse, colapsarse o despegarse.

Se recomienda que los canales por donde cae el agua tengan una inclinación distinta, haciendo mayor esta inclinación hacia la entrada del aire de tal forma que la mayor cantidad de agua se dirija ahí y no a la salida del aire (interior de la caseta). El diseño óptimo es un arreglo de canales de 45-15°. Este arreglo se encarga de enviar el agua hacia la entrada del aire, eliminando cualquier posibilidad de arrastre de gotas líquidas al interior. De hecho, en un enfriamiento óptimo no debe haber gotas de agua introduciéndose a la caseta.

La ventaja de la pared húmeda sobre otros sistemas de enfriamiento evaporativo como la nebulización (foggers) es que la pared húmeda permite un mejor control de humedad, no moja la cama y sobre todo nunca va a saturar el aire. La pared húmeda opera entre 70-75% de eficiencia, es decir, se acerca a la saturación (%HR=100) solamente en un 75%. La única forma en que el aire que sale de una pared húmeda tenga una humedad relativa de 100% es porque el aire en el exterior ya estaba con HR del 100%. Aun así no se recomienda usar la pared húmeda cuando la humedad relativa en el interior de la caseta sobrepase el 80%.

Lo mas importante en un panel de enfriamiento evaporativo, es que esté perfectamente mojada en toda su extensión. Son 3 los factores a considerar para obtener la máxima rentabilidad de nuestra pared de enfriamiento: *Suministro, Distribución y Cambio de agua.*

#### Suministro:

Este factor va ligado directamente a la bomba de agua. El sistema debe tener agua suficiente no solo para lograr la evaporación sino para auto-limpiar al panel. La cantidad de agua que debe agregarse al sistema para una pared húmeda de 6 cm de espesor es de 0.75 gpm por pie lineal de pared. Por ejemplo, si nuestra pared húmeda midiera 40 cm de longitud, la cantidad mínima de agua que requiere ser suministrada es de:  $40 \times 0.75 = 30$  gpm.

El tubo cabezal que irriga a los paneles de agua debe ser 1 1/2 cm de diámetro. Las perforaciones de este orificio deben de ser de lo por lo menos de 1/8 de cm y separadas cada 3 o 4 cm. Los orificios deben estar viendo hacia arriba, de tal forma que el chorro de agua este golpeando la estructura metálica. Poner los orificios boca abajo facilitaría su taponamiento. Es difícil saber si se esta suministrando la cantidad de agua mínima requerida ya que ningún equipo convencional cuenta con algún medidor de flujo que nos proporcione esta información. Una forma simple de estimar si la cantidad de agua que se esta suministrando es la correcta es midiendo la altura libre del chorro que sale de la tubería cabezal. Si se tiene un panel de 6 cm de espesor con una tubería cabezal de 1 1/2 y orificios de 1/8 cm, se estará suministrando la cantidad correcta de agua si la altura promedio del chorro es:

- Con separación entre orificios de 3 cm: 11 cm
- Con separación entre orificios de 4 cm: 20 cm

Se recomienda poner accesorios como filtros y válvulas de drenado del lado de succión de la bomba, de tal forma que haya la menor restricción posible en el lado del suministro.

#### Distribución:

La pared tiene que estar uniformemente mojada a todo lo largo. Si se permite que haya puntos secos en la pared, estos puntos provocan una menor resistencia al paso del aire, de tal forma que más aire entrará por ahí que por las partes de la pared que están mojadas. Este aire caliente y seco se va a mezclar con aire fresco y húmedo en el interior de la caseta pudiendo provocar una situación no deseable, además si se permite que se vapore el total de agua en el panel se van a empezar a incrustar los sólidos ocasionando un rápido taponamiento del panel, haciéndolo inservible al poco tiempo.

#### Cambio de agua:

Esto es más que útil para prolongar la vida útil del panel. Al tener un sistema de recirculación estamos acumulando los sólidos que trae disueltos el agua en el tanque. Se recomienda hacer un drenado continuo del agua del sistema de tal forma que se eliminen los sólidos que se están acumulando. El drenado también se puede hacer de forma intermitente, dependiendo de la calidad del agua de la localidad.

Para prolongar la vida del panel se recomienda el siguiente mantenimiento, por lo menos cuatro veces al año:

1. drenar el agua del sistema
2. Esperar a que los paneles estén totalmente secos.
3. Cepillar los paneles en aquellos puntos donde se estén formando sedimentos
4. Con los ventiladores apagados, encender las bombas de agua de tal forma que sirva únicamente para enjuagar a los paneles.
5. Drenar esa agua y reponerla con agua nueva
6. Arrancar el sistema. (Romero 2001)

### **11.5.5.3. Condiciones de un sistema de ambiente controlado**

Hay un número de circunstancias en las que insuficiente movimiento de aire puede conducir a la formación de calor entre las aves e incrementar la probabilidad de problemas productivos.

1. Si la caseta con ventilación túnel no tiene suficiente número de extractores, no solo limitará la cantidad del efecto de factor de viento frío, sino también será reducida la capacidad para remover el calor de entre las aves.
2. Cuando un avicultor cambia de ventilación túnel a ventilación natural, en la noche el ambiente de las aves puede ser más caliente que el esperado. Por ejemplo, muchos productores de pollo de engorda cambian de ventilación de túnel a ventilación natural cuando la T° exterior se aproxima a los 70°F (21.1°C). En una caseta con ventilación natural con aves grandes (7 semanas de edad aproximadamente), la T° del interior de la caseta es típicamente de 5 a 10°F (2.7 a 5.7°C) mas caliente que el aire exterior (75 a 80°F ó 23.8 a 26.6°C). Debido a que probablemente el movimiento del aire en la caseta sea mínimo, el aire cerca del piso pudiera estar 4°F (2.2°C), mas caliente que el aire a unos pocos metros de altura del suelo. El resultado final es de que el aire de la parte baja donde se encuentran las aves puede estar tan caliente como 79 a 84°F (26.1 a 28.8°C).
3. Avicultores con aves de 7 semanas de edad, que no utilizan sus abanicos recilculadores de aire en las noches cálidas de verano, pueden mantener a las aves mas calientes de lo que ellos piensan. Como en el ejemplo anterior, la T° del aire pudiera ser muy caliente aún y cuando esté bastante confortable la temperatura en el exterior.
4. Durante el clima cálido los avicultores con aves de 7 semanas de edad en casetas con ventilación túnel, pueden necesitar el operar un par de extractores más durante la noche para asegurar suficientemente que el calor sea removido de las aves. (Lacy 2000)

### 11.5.6. Aislamiento y cobertura de casetas.

La cuestión sobre el aislamiento térmico de la caseta avícola se debe analizar para cada caso particular. Este es un requisito para las casetas de ambiente controlado, así como para las de tipo convencional con los lados abiertos. La mayor parte del aislamiento esta confinado al techo, como que esta es el área de mayor pérdida de calor durante el frío y el área donde pegan mas los rayos del sol durante el clima caluroso.

La eficacia de cualquier material aislante, combinación de materiales ó tipo de construcción se valora por su capacidad de resistir la transferencia de calor a través de ella. Hay muchos materiales o combinaciones de los mismos usados para el aislamiento de las casetas avícolas y la resistencia de estos a la transferencia de calor se ha llamado **valor-R** o resistencia térmica. (North 1993)

La función del material aislante es ofrecer una resistencia de calor adicional al pasaje del calor desde el techo. Cuanto mayor es la resistencia creada por el aislante, menor será el calor que ingrese a la caseta. El pasaje del calor a través del aislante se hace por conducción, el calor por conducción depende de las diferencias de temperaturas entre la superficie de contacto con el aire interior a la nave; depende del área de dicha superficie, del espesor del aislante y de la conductividad térmica del material (denominada con la letra K)

El factor K se expresa, en general, en  $\text{BTU}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}/\text{in})$ , siendo BTU unidad térmica británica, hr hora,  $\text{ft}^2$  pie cuadrado, F grado Fahrenheit, in pulgada. Comercialmente se maneja el coeficiente R para los materiales aislantes,  $R=e/k$  siendo e el espesor del material aislante y k la conductividad térmica. Se expresa en  $\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}/\text{BTU}$ .

Los materiales más utilizados como aislantes de casetas son:

| Material       | R por pulgada de espesor |
|----------------|--------------------------|
| Celulosa       | 3.5                      |
| Lana de vidrio | 3.0 a 3.8                |
| Poliestireno   | 4.5                      |
| Poliuretano    | 6.0                      |

Estos valores pueden variar de acuerdo al fabricante.

Bibliografía específica sobre materiales aislantes recomiendan para R un valor de 12 (por ejemplo correspondería a 2 pulgada de espesor de poliuretano), sin embargo por factores económicos es común encontrarse con valores en el entorno de 6.

#### **11.5.6.1. Los factores a tener en cuenta en selección de un material aislante son:**

- Valor de R.
- Facilidad de colocación o aplicación.
- Acceso para limpieza.
- Resistencia al fuego.
- Contacto con animales.
- Sellado aportado a la caseta
- Costo

(Nieves 2000)

#### **11.5.6.2. Aislantes térmicos por reflectividad y barrera de vapor.**

Como el objetivo es mantener una temperatura de confort para las aves dentro del galpón, por lo cual es necesario romper la radiación que entra a los galpones para alcanzar la máxima eficiencia de los equipos de ventilación y de enfriamiento, el aislamiento de techo es absolutamente esencial para lograr los resultados esperados.

La radiación calienta el objeto que toca y no el aire, por lo tanto es muy complicado combatir la radiación con un sistema de ventilación e incluso con los mejores sistemas de enfriamiento como los paneles termoevaporativos. La carencia de un aislamiento de techo en un galpón de ambiente controlado exigiría tener que calcular al menos el doble del volumen de aire necesario para remover el calor adicional que les llega a las aves, afectando, por otro lado, el confort de ellas por la alta velocidad del viento.

#### **11.5.6.2.1. Productos**

Los aislantes reflectivos están normalmente compuestos por dos caras exteriores de aluminio, adheridas con un sellante de gran absorción a una base de papel kraft, reforzado con una malla de polipropileno que le confiere alta resistencia. Otros productos están contruidos con un material espumante en el medio. También, los hay contruidos con plásticos con colorante de aluminio, los cuales aunque muy efectivos al principio, con el tiempo pueden perder su efectividad. Además, la facilidad de instalación convierte al material reflectivo en un aislante económico y recomendado para cualquier tipo de construcción.

#### **11.5.6.2.2. ¿Como trabaja?**

La energía radiante, el mayor recurso de flujo de calor, es energía en forma de ondas infrarrojas. Esta viaja a la velocidad de la luz, inclusive a través del vacío y es transmitida, absorbida o reflejada por los materiales que contacte. El aire, el agua y el vidrio, por ejemplo transmiten luz visible en diferentes grados. Una superficie blanca como la nieve la refleja y una superficie negra como el asfalto la absorbe. Las ondas infrarrojas trabajan en la misma forma que la luz visible; el calor se genera cuando la luz es absorbida. Los productos aislantes más comunes, como los materiales de construcción, el poliuretano, el anime, etc., tienden a absorber el mayor porcentaje de la energía radiante encontrada como calor. Sin embargo, experimentos han demostrado que una capa de aluminio en el centro de un espacio de aire refleja el 97% de la energía radiante. Esto significa que solamente el 3% de los rayos de calor atraviesan esta capa, la cual en su mayoría es absorbida por la capa de asfalto. Instalado

adecuadamente, el aislamiento toma gran ventaja de las propiedades de sus materiales. (Orozco 2002b)

**11.5.6.2.3. Aislamiento reflectivo**

El aislamiento reflectivo es efectivo siempre y cuando se instale con al menos 2 cm de aire entre el aislante y las superficies que lo rodean. El valor térmico (R) de un sistema aislante podrá variar dependiendo del espacio de aire que exista en la zona en que viaja el flujo de calor. Debido a las pérdidas de calor por diferencias en convección, conducción y radiación, diferentes valores R se logran con el mismo producto.

Los aislamientos reflectivos han sido analizados como sistema térmico, propagación de flama, barrera de vapor, resistencia a la presión y a la tensión y otras propiedades físicas.

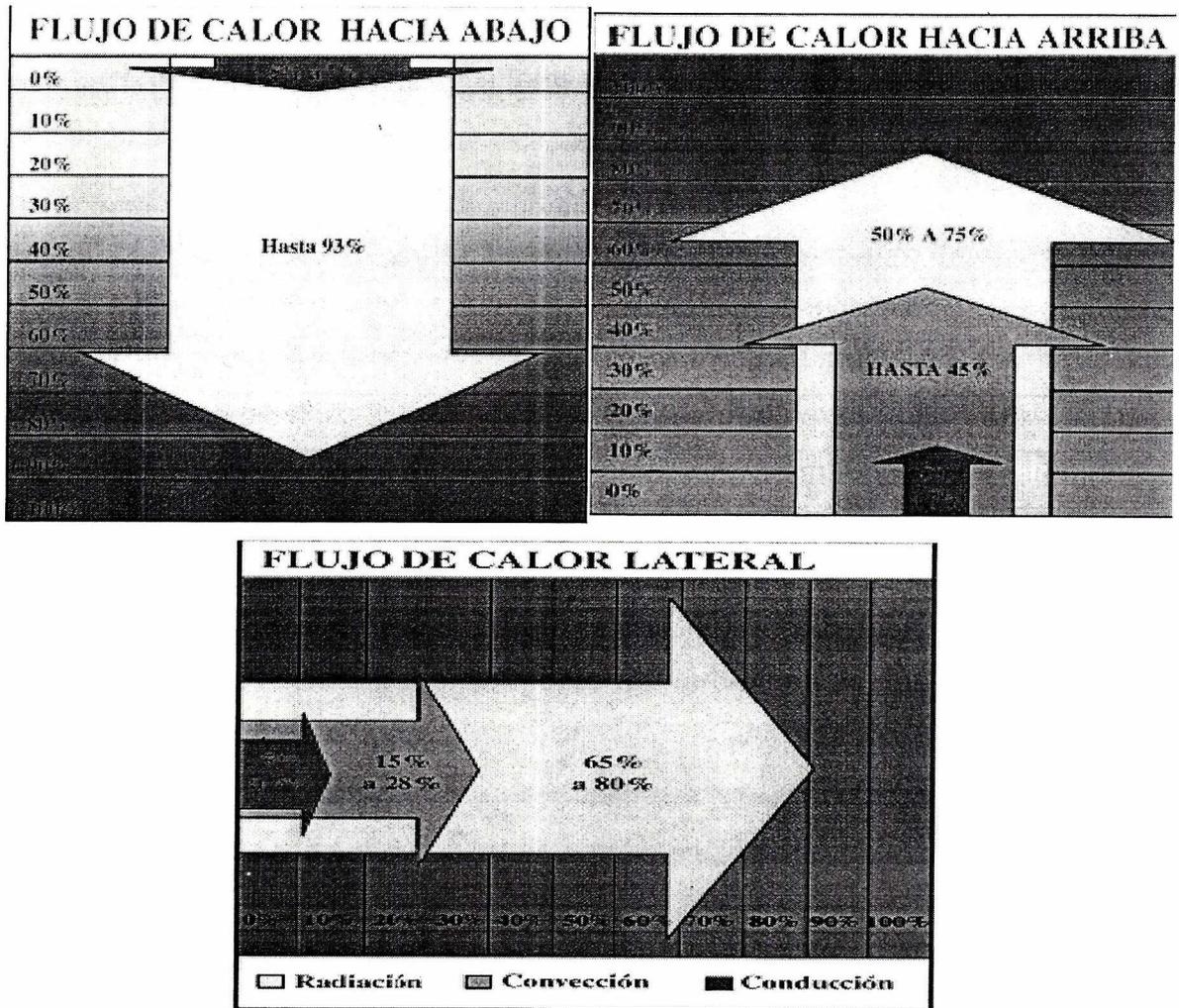
**Los aislamientos reflectivos de aluminio puro bloquean la radiación de calor**

De acuerdo a los análisis de desempeño de la universidad estatal de Pennsylvania, aproximadamente el 75% del total de calor que atraviesa las estructuras es debido a la radiación. El aluminio puro refleja el 97% de esta energía radiante.

**Cuadro 20**

| <b>Valor de resistencia térmica (Aluminio) comparado con otros aislamientos</b> |   |              |         |
|---|---|--------------|---------|
| <b>Producto</b>   | <b>Factor R (ft<sup>2</sup>hrF/Btu)</b> |              |         |
|   | Hacia abajo                             | Hacia arriba | Lateral |
| Material reflectivo instalado interiormente como un sistema                     | 11.12                                   | 4.91         | 4.5     |

Figura 16. Efecto del aislamiento reflectivo de casetas avícolas



**RESISTENCIA A LA TRACCION:** La alta resistencia al desgarre es proporcionada por su centro reforzado con malla de polipropileno, obteniéndose así una calidad de duración como ningún otro aislante de este tipo posee.

**CONDUCTIVIDAD:** La conductividad térmica hallada a temperaturas de 40 y 50°C está en el rango de los materiales aislantes.

**TRANSMISIVIDAD:** Existe mínimo paso de calor al otro lado de la lámina aislante, por lo tanto la transmisión de calor es prácticamente mínima.

**REFLECTIVIDAD:** Por su alta reflectividad de hasta un 95% soluciona problemas de calor interior, evitando que la porción mayor de luz y calor atraviesen la capa aislante.

En el siguiente cuadro se reflejan los espesores necesarios de diferentes productos para lograr la equivalencia térmica de los materiales reflectivos cuando aíslan la radiación solar. (Orozco 2002b)

**Cuadro 21**

| <b>Producto</b>      | <b>Espesor para R 11.12</b> |
|----------------------|-----------------------------|
| Material reflectivo  | 1.8 mm (0.08")              |
| Panel de poliuretano | 36.7 mm (1.44)              |
| Fibra de vidrio      | 80.4 mm (3.29")             |
| Teja de concreto     | 708 mm (27.90")             |

### **11.5.6.3. Comparación con otros materiales**

- Comparado con el poliuretano inyectado, es impermeable, no se quiebra o resquebraja, no requiere de equipo especial para su instalación, no permite que aniden insectos, no absorbe agua, gran capacidad mecánica y flexible.
- Comparado con el poliestireno expandido (Styrofoam), es flexible, no se quiebra, resistente al desgarre, resistente a pegamentos de contacto, no absorbe humedad, suave, limpio.
- Comparado con la fibra de vidrio, es impermeable, termoformado, no requiere de equipo y previsiones especiales en su manejo (dañino a la salud), no retiene humedad.
- Comparado con la espuma de poliuretano es impermeable (celda cerrada) y no es contaminante.
- Su reflectividad aumenta la iluminación interior, reduciendo así el consumo de energía.
- En instalaciones con ambiente controlado disminuye el consumo de energía por la reducción de la carga térmica.

- Es reflectivo hasta en un 97%, solucionando problemas de calor interior y rebajando la temperatura hasta 7 1/2 °C a nivel del piso (según las condiciones del lugar), sin equipo adicional. (Orozco 2002b)

En otro estudio que se realizó por Maldonado et al (2002), donde evaluó la efectividad de dos materiales de cobertura para techos de casetas avícolas, dichos materiales fueron coberturas de aluminio y la otra de acerolit y esto fue lo que encontró:

Se encontró que a 20 cm del techo y del piso, las coberturas de acerolit lograron disminuir en 0.6 y 0.3 la temperatura respectivamente, en comparación con las de aluminio. Durante el periodo de iniciación, no se observaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros productivos evaluados. Durante el periodo de engorde se observó una tendencia del tratamiento de acerolit a mejorar el comportamiento productivo de las aves. Sin embargo, solo se observaron diferencias significativas ( $P > 0.01$ ) en la conversión alimentaria. En la última semana el índice de mortalidad fue 5 veces mayor en las láminas de aluminio en comparación con las de acerolit (0.25%).

Concluyó que aun cuando no se apreciaron diferencias en algunos rasgos de comportamiento de las aves, la cobertura acerolit tuvo un mayor efecto sobre la reducción del estrés calórico, permitiendo que los animales usaran más eficientemente el alimento. (Maldonado et al. 2002)

Estos resultados parecen ser contradictorios a los hallados por Orozco (2002b), donde evaluó materiales de aluminio y concluyó que estos eran altamente efectivos como aislantes y por consiguiente para reducir los efectos del estrés calórico en las aves, cabe mencionar que estos dos estudios se llevaron a cabo ambos en Venezuela, la primera en Valencia y la otra en Maracay.

#### **11.6. Otras medidas de manejo que deben ser tomadas en cuenta.**

- No maneje a las aves durante el tiempo más caluroso del día. Ajuste el horario de trabajo y los programas de iluminación para que los trabajos rutinarios sean realizados temprano por la mañana ó en la noche. Si se baja la intensidad de las luces durante la parte más caliente del día puede ayudar a disminuir la actividad de las aves.

- Posponga las prácticas rutinarias que requieran la manipulación de las aves, tales como el despique, las vacunaciones por el ala ó el ojo, ó la transferencia de aves, hasta que el clima esté mas fresco ó por la noche.
- No vacune por medio de atomizadores durante épocas de temperatura ambiental alta. Las aves no pueden tolerar que los ventiladores se apaguen y las vacunas de newcastle y bronquitis agregarán estrés al tracto respiratorio.
- Remover las deyecciones de la caseta mas a menudo durante el verano. El calor producido a medida que las deyecciones se descomponen se agrega al calor de la caseta. La presencia de grandes cantidades de deyecciones pueden restringir el movimiento del aire debajo de los pisos de listón y en las jaulas.
- Remueva de las caseta cualquier objeto grande de metal innecesario (maquinaria, vehículos, cajas de nidos, etc.) que pueda irradiar calor en las casetas abiertas. (Grieve 2003)
- La cría por sexos separados permite una ventilación mas adecuada para los machos de crecimiento más rápido y emplume más lento.
- El momento de salida del pollo debe estar bien organizado y ser mas lento en temporadas calurosas. Las aves deben de disponer de agua todo el tiempo hasta que se haya recogido el último pollo y el alimento debe retirarse 4-6 horas antes de la recogida. Se evitará realizar el transporte de las aves en las horas más calurosas del día, y el tiempo de espera en la planta de sacrificio deberá reducirse a lo más mínimo posible, ya que las condiciones de calor pueden alterar la calidad de la carne post-mortem como sucede con la carne de pavo. Esta afirmación es respaldada por un estudio realizado Mckee & Sams (1997) que afirman que en las temporadas de verano, la industria meleagrícola reporta pérdidas sustanciales debido a que los productos elaborados con pechuga de pavo muestran una pobre calidad en cuanto a jugosidad de la carne, la textura y el color. Esto puede deberse a una desnaturalización de las proteínas en los músculos por el cambio de pH y un rápido metabolismo. Esta pérdida de la funcionalidad de las proteínas debido a una extensa desnaturalización de la proteínas, es considerado como el factor primario de la presentación de la palidez de la carne, alteraciones en la suavidad y las exudaciones. (Mckee & Sams 1997)

- Procurar planificar la entrada de los lotes de tal manera que se evite llegar al pico de producción en el periodo más caluroso.
- Supervisar las horas de alimentación y llevar un registro diario del tiempo que tardan las aves en comer. (Cockshott 2004)

### **11.7. Tratamiento emergente del estrés calórico en una Parvada**

- En situaciones de emergencia los lotes pueden ser rociados con agua fría para salvar la vida de las aves. Las aves comatosas raramente se salvan.
- Checar y asegurarse de que el sistema de ventilación este operando al máximo.
- El cloruro de potasio o el cloruro de amoníaco (2-3 Kg. por tonelada) ha sido de beneficio en la reducción de la mortalidad en periodos de estrés por calor severo. Este compuesto reemplaza a los electrolitos que pueden corregir los imbalances de la base acídica que ocurre durante el estrés por calor y animar al consumo de alimento. (Grieve 2003)
- La industria avícola ha empleado también antipiréticos del grupo de los salicilatos, concretamente el ácido acetilsalicílico, esto con la finalidad de reducir la hipertermia. Esta droga, como los otros antipiréticos, se caracteriza por afectar el comportamiento termostato del centro termorregulador del hipotálamo, haciendo descender a un nivel inferior al que se presenta durante un estado febril. Así se reduce la temperatura, pero no por efecto sobre las fuentes de calor, sino mas bien por la estimulación de los medios de eliminación del mismo (termólisis). Entonces la vasodilatación cutánea a la que da lugar, propicia una piel roja y caliente que expone gran cantidad de sangre caliente al ambiente, disipándose el calor por radiación y convección, en caso de los mamíferos, por sudoración. Como las aves no tienen glándulas sudoríparas, este fenómeno se ve compensado por el jadeo o aumento de la amplitud y frecuencia respiratoria que se ha explicado ya en capítulos anteriores.

## 12. CONCLUSIONES.

En la mayor parte de las regiones del mundo, temperaturas cíclicas diarias causan estrés térmico en los pollos y esto puede influenciar marcadamente en el consumo de alimento, el crecimiento, la producción de huevo, la calidad del cascaron del huevo, así como en la misma supervivencia del ave.

Una óptima producción de los pollos durante los periodos de estrés calórico se inicia con un buen manejo general. La importancia del manejo incluye un buen diseño de las instalaciones y los aspectos de alimentación y consumo de agua . Los enfoques terapéuticos deben buscar un balance térmico consistente con el grado de estrés que se presente. La supervivencia del ave puede ser incrementada aumentando la disipación de calor y/o reduciendo la producción de calor. El mejoramiento del desempeño está asociado, generalmente, con la producción elevada de calor y, a menos que se hagan esfuerzos por incrementar la disipación de calor simultáneamente, la mortalidad se incrementará y el desempeño se disminuirá.

Siempre debemos evaluar todas las opciones y manejar los animales para lograr tanto eficiencia en la producción, así como su bienestar y comprender mejor las limitantes de la productividad animal en los diferentes sistemas de explotación comercial. El refinamiento de las relaciones estrés / respuesta nos ayudarán a comprender los umbrales biológicos, las interacciones, la intensidad y la duración del estrés. Debemos determinar a que grado el ambiente o el manejo deben ser alterados para mejorar la productividad y el rendimiento del animal.

Conforme nuestra experiencia y conocimientos aumentan, a través de la integración de investigación multidisciplinaria, podemos modelar sistemas de producción (manejo e instalaciones) y aprender el porqué de las respuestas. Finalmente, nuestras metas deben ser: mejorar el rendimiento, la eficiencia productiva y los beneficios económicos por medio de prácticas de manejo y decisiones racionales. Tal parece que esto es un conflicto de intereses para los productores, al tener que

decidir si buscar proteger los parámetros mencionados sobre el rendimiento de las aves o la supervivencia de las mismas.

**La clave en eliminar los efectos del estrés calórico son la anticipación de periodos de altas temperaturas y la implementación de programas de manejo y medidas apropiadas en la nutrición antes de que las temperaturas se incrementen (Grieve 2003)**

### 13. BIBLIOGRAFÍA.

1. Álvarez et al. (2002) Efectos de la temperatura del aire, la humedad relativa y el viento sobre la explotación comercial de aves y su mitigación. Instituto de meteorología, Cuba.
2. Anderson K.E. & Carter A.T. (1998) Hot Weather Management of Poultry. North Carolina State University.
3. Angulo I. (1991) Manejo nutricional de aves bajo condiciones de estrés térmicos. Instituto de investigaciones veterinarias. Maracay, Venezuela.
4. Arce M.J, López C.C, Ávila G.E. (2003) Consideraciones con el uso de programas de restricción alimenticia en pollo de engorda. Los avicultores y su entorno, Año 5 : N° 31, Pág. 60-63, México D.F.
5. Arjona A.A, Denvow D.M. & Weaver W.D Jr. (1998) Effect of Heat Stress Early in Life on Mortality of Broilers Exposed to High Environmental Temperatures Just Prior to Marketing. Poultry Science, 67 (2): 226-231
6. Banda C. A. (2001) Estrés Por calor en aves. Los avicultores y su entorno año 4 : N°54, Pág. 45-54. México D.F.
7. Berge G. (1993) Heat Stress in Broilers – New trial results, Technical bulletin, Alpharma.
8. Carpenter R. J. (1995) La complejidad del ambiente de un animal y los factores estresantes. Tecnología Avipecuaria, Año 8 : N°95. Pág. 42-43
9. Cerrate C. Y Gómez C (2004) Uso del bicarbonato de sodio en pollos de carne. Departamento de Nutrición, Universidad Nacional La Molina, Perú.

10. Cockshott I. (2004) Manejo del pollo de carne y de los reproductores en zonas de clima cálido. Aviagen, Poultry Middle East & North Africa.
11. Cooper M.A. & Washburn K.W. (1998) The Relationship of Body Temperature to Weight Gain, Feed Consumption, and Feed Utilization in Broilers Under Heat Stress. Poultry Science 77: 237-242.
12. Donald J. (2000) Temperature Effects on Broiler. A quick reference guide, Auburn University.
13. Eberhart E.D. & Washburn N.K. (1993) Assessing the Effects of the Naked Neck Gene on Chronic Heat Stress Resistance in two Genetic Populations. Poultry Science (72), Pág. 1391-1399.
14. Eberhart E.D. & Washburn N.K. (1993) Variation in Body Temperature Response of Naked Neck and Normally Feathered Chickens to Heat Stress. Poultry Science (72) pag. 1385-1390.
15. Escorcía M. M. (1996) Estrés, Examen general de calidad profesional para medicina Veterinaria y Zootecnia; Material de estudio: Aves, Pág. 179-185.
16. Galaz S. E. (2004) El Estrés calórico. Los Avicultores y su entorno; año 7 : N° 39, México D.F.
17. Grieve D. (2003) Heat Stress in Comercial Layers and Breeders. Hy line international, Iowa State University.
18. Hardy N.R. (1979) Homeostasis. Editorial OMEGA, Barcelona España.
19. Hardy N.R. (1976) Temperatura y vida animal. Editorial OMEGA, Barcelona España.

20. Ilender (1995) El estrés por calor. Ilender Corp. Año 3, Perú.
21. Koelkebeck et al. (1998) Effect of Acute Heat Stress on Aminoacid Digestibility in Laying Hens. Poultry Science 77: 1393-1396.
22. Koelkebeck K.W. (1995) Physiological Response of Poultry to the Environment. Illiny Poultry Net.
23. Koelkebeck K.W. & Odom T.W. (1994) Laying Hens Responses to Acute Heat Stress and Carbon Dioxide Supplementation: I. Blood Gas Changes and Plasma Lactate Accumulation. Comp Biochem Physiol Comp Physiol 107 (4): 603-606
24. Koelkebeck K.W. & Odom T.W. (1995) Laying Hens Responses to Acute Heat Stress and Carbon Dioxide Supplementation: II. Changes in Plasma Enzymes, Metabolites and Electrolytes. Comp Biochem Physiol Comp Physiol 112 (1): 119-122
25. Lacy M. & Czaric M. (2000) Principios básicos para el enfriamiento de casetas avícolas. Tecnología Avícuaria, Año 13 : N° 154.
26. Lacy M. (2000) Temperatura del aire a nivel de piso en casetas de pollo de engorda en la época de verano. Tecnología Avícuaria, año 13 : N° 56 Pág. 448-50.
27. Lahoz F.D. (2003) Control ambiental en galpones de pollos. Universidad de la Almunia, Zaragoza España.
28. Lesson S. (2001) Manejo de la alimentación del pollo de engorda durante el estrés térmico. Tecnología Avícuaria, Año 14 : N° 160. Pág. 38-42.

29. Lesson S. (1996) Programas de alimentación para ponedoras y broilers. XII Curso de especialización FEDNA, Madrid España.
30. Lin H. & Mertens K. Et al. (2004) New Approach of Testing the Effects of Heat Stress on Eggshell Quality: Mechanical and material Properties of Eggshell Membrane. *British Poultry Science* 45 (4): 476-482
31. Maldonado B. Et al. (2000) Efecto de dos tipos de cobertura de galpones en el estrés calórico en pollos de engorda durante la época seca. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela; Maracay, Venezuela.
32. Mashaly M.M. et al. (2004) Effect of Heat Stress on Production Parameters and Immune Responses of Commercial Laying Hens. *Poultry Science*, 83: 889-894
33. McDaniel C.D, Hood J.E. & Parker H.M (2004) An Attempt Alleviating Heat Stress Infertility in Male Broiler Breeder Chickens with Dietary Acid Ascorbic. *Poultry Science*, 3 (9): 593-602
34. Mckee S.R & Sams A.R. (1997) The Effect of Seasonal Heat Stress on Rigor Development and the Incidence of Pale, Exudative Turkey Meat. *Poultry Science*, 76: 1616-1620
35. Nieves A. (2000) Causas que motivan la implementación de los sistemas de aclimatización. E-campo.com, Alternativas en avicultura.
36. Nilipour A. H. (1999) Mecanismos de las aves para disipar el calor. *Tecnología Avípecuaria*, año 12 : N°135, Pág. 3-6.
37. Nockels F.C. (1990) Requerimiento de vitaminas durante estrés y enfermedad. *Tecnología Avípecuaria*, Año 2 : N°23 Pág. 12-16

38. North O.M. & Bell D.D. (1993) Manual de Producción Avícola, 3<sup>a</sup> Edición, Editorial El Manual Moderno, Pág. 163-185
39. Orozco V. R. (2002a) Aspectos importantes en casetas con ambiente controlado. Venezuela Avícola; Año 17 : N° 37, pag 13-17
40. Orozco V.R. (2002b) Aislantes térmicos por reflectividad y barrera de vapor. Venezuela avícola, año 17 : N° 38 Pág. 18-22
41. Orozco V.R. (2002c) Rompiendo paradigmas, Parte 1. Venezuela avícola, Año 17 : N° 39 Pág. 34-37
42. Pérez R.E. et al (1997) Influencia del ambiente térmico en rasgos fisiológicos, productivos y conductuales de ponedoras white Leghorn. Universidad Agraria de la Habana, Cuba.
43. Quiles A y Hevia M. L. (2003) Fisiologismo de la termorregulación en las gallinas. Departamento de Producción Animal, Universidad de Murcia.
44. Quintana J.A. (1999) Avitecnia, Manejo de las aves domésticas más comunes. Editorial Trillas, 3<sup>a</sup> Edición, Pág. 76-87
45. Romero S.M. (2001) Enfriamiento evaporativo en casetas avícolas. Tecnología Avipecuaria, Año 14:N°166
46. Shane M. S. (1992) Fisiología de adaptación en pollos de engorda bajo estrés calórico. Tecnología Avipecuaria, año 5 : N°53, Pág. 27-28.
47. Smith M.O. & Bartlett J.R. (1998) Dietary Zinc and Immune Response in Heat Stressed Broilers. Department of animal science, Poultry research.

48. Soria H. J. (2001) La disnea, recurso de las aves frente a la hipertermia, como signo para valorar los sistemas estivales de control ambiental, Selecciones avícolas, Valencia.
49. Teeter R. G. (1995) Como optimizar la productividad del pollo de engorda bajo estrés calórico. Tecnología Avipecuaria, año 8 : N°90, Pag. 11-15
50. Villalpando C. S. (2000) Conceptos operativos de la ventilación en casetas avícolas (1ª Parte). Tecnología Avipecuaria, año 12 : N°144, Pág. 40-44.
51. Villalpando C. S. (2000) Conceptos operativos de la ventilación en casetas avícolas (2ª Parte). Tecnología Avipecuaria, año 12 : N°145, Pág. 10-14
52. Villalpando C. S. (2000) Conceptos operativos de la ventilación en casetas avícolas (3ª Parte). Tecnología Avipecuaria, año 12 : N°146, Pág. 8-12
53. Wiernusz C. (1999) Terapias nutricionales para optimizar la producción avícola durante periodos de altas temperaturas y humedades. Cobb-Vantres, Vol. 6 : N° 62, Arkansas.
54. Witehead & Mitchell (2000) Vitamin E and Heat Stressin in Laying Hens. Research Reviews, pag 59-62.
55. Yalcin et al (1997) Performance of Naked Neck and normal broilers in hot warm and temperatures climates. Poultry Science (76), pag 930-937.
56. Zumbado E. M. (2003) Nutrición y manejo de ponedoras comerciales bajo estrés calórico. XVII Congreso Centro América y del Caribe de Avicultura; La Habana, Cuba.