

# Mejoras constructivas desde el punto de vista del confort para una nave albergue de gallinas ponedoras en Cuba.

Autores: ROSENDO ALVAREZ MORALES, CASIMIRO DELGADO TORRES, LAURA AENLLE FERRO, LISSETTE BOUZA MARTÍNEZ

Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología. E - mail: rosendo@met.inf.cu

## Resumen

*En la producción masiva de huevos ocurre que debido al hacinamiento de las gallinas y otras condiciones de ventilación dentro de la nave de puesta puedan alcanzarse temperaturas letales para las ponedoras, asunto que ha sido demostrado en la práctica. Por tanto, es imprescindible tratar de reducir al máximo el calor que ingresa en las naves de puesta de manera que el confort dentro de ellas evite que se alcancen valores peligrosos que hagan mermar la producción. Debido a esto en el presente trabajo se analizan las condiciones de confort en las naves de gallinas ponedoras que existen en Cuba desde el punto de vista de su orientación y calentamiento por condiciones de radiación y ventilación. En cada uno de los casos se calcula la incidencia en las condiciones de incomfort que se pueden crear en base a incrementos de calor dentro de la nave. Se proponen cambios en el diseño de las naves existentes que tienden a reducir el valor de la temperatura dentro de las naves a partir de recursos existentes y de fácil obtención. Se ofrece un esquema detallado acerca de los cambios que deben introducirse en las naves y el porqué de cada uno, así como su influencia. Se dan otras conclusiones.*

**Palabras claves:** confort, temperatura y radiación.

## Introducción

Según Cahner (1997) el estrés climático está constituido por las condiciones ambientales relacionadas con el clima que afecta perjudicialmente la productividad de las aves. Estas son principalmente, las temperaturas ambientales muy cálidas o muy frías, pero también pueden influir condiciones de mucha humedad, o por el contrario, un ambiente demasiado seco, un bajo índice de oxígeno a causa de un exceso de altitud o ventilación deficitaria y un exceso de contaminación debido al polvo, el amoníaco o a otros gases.

El estrés agudo tiene lugar cuando las condiciones climáticas cambian radicalmente por un breve espacio de tiempo, generalmente, sólo por unos pocos días. Un aumento de las temperaturas de 10 °C o más en unas horas puede provocar la muerte de todos los pollos, especialmente si se trata de productores pesados, debido al carácter esporádico y de poca duración del estrés agudo mientras dure la ola de calor.

El estrés crónico producido por las altas temperaturas, especialmente, cuando estas vienen acompañadas por una humedad relativa extremadamente alta o baja, deprime el crecimiento de los pollos y la producción de los huevos.

El estrés por calor ejerce un fuerte efecto negativo sobre el crecimiento de los pollos y su eficiencia alimenticia, como han comprobado varios autores (Valancony et al, 1996, Rodríguez, 1988).

Según Ciudad (1997) los sistemas de ventilación tienen por objetivo conseguir un ambiente sano y confortable dentro de los edificios ganaderos. En invierno deben eliminar el vapor de agua producido por las aves, así como los gases nocivos (NO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>, etc.). En tiempo de verano su objetivo será controlar la temperatura del ambiente, eliminando el calor producido por la radiación solar, principalmente. Por ello, las necesidades de ventilación en verano son mayores para intentar que la temperatura interior de las naves sea similar a la exterior. El problema fundamental, es que la temperatura interior de la nave no sobrepase los 25 °C a 27 °C.

Smith y Oliver (1996) analizando la influencia de la temperatura sobre la producción de huevos encontraron que el peso del huevo disminuye en una medida de 0,4 g y 1,0 g para temperaturas superiores a 25 °C, estableciendo la ecuación de predicción

$$P = 59,6 - 1,34 (0,36 T - 9,6) - 0,313 (0,36 T - 9,6)^2$$

Donde P es el peso del huevo y T la temperatura ambiente en °C.

La alta densidad de población reduce la resistencia de las aves al calor y las manadas alojadas intensivamente en grupos muy numerosos son probablemente las que se verán más perjudicadas por un crecimiento rápido de las temperaturas ambientales. Para incrementar la producción avícola debe disponerse de un alojamiento que proporcione

protección de la lluvia y de una humedad excesiva o insuficiente, que permita un lugar adecuado, temperaturas óptimas, ventilación perfecta y un microclima ideal.

El objetivo de este trabajo es, dada las instalaciones disponibles en Cuba para albergar gallinas ponedoras, proponer, basado en análisis científico, mejoras en la construcción que puedan disminuir los valores medidos de temperatura dentro de las naves, contrarrestando las posibles transmisiones de calor que provoquen la mortalidad en las ponedoras o la merma en la producción de huevos.

## Materiales y Métodos

Para elaborar el presente trabajo se contó con la estación meteorológica de Cienfuegos (30 años de datos tomados en forma continua cada 3 horas, 77168 datos) de las variables temperaturas, humedad relativa y viento validados y archivados en la base de datos GRANMET (Alvarez, et al. 2003). Esta estación meteorológica se encuentra cerca de las granjas de ponedoras de Rodas y Palmira, en la Provincia de Cienfuegos.

Además se contó con una información internacional (Ortiz, 1995; Joly, 1995; Brieba, 1996; Borragón 1997; Martelo, 1997) acerca de las construcciones óptimas para la producción de huevos, a saber.

- Debe proporcionar protección de la lluvia y de una humedad excesiva o insuficiente, permitir un lugar adecuado, temperaturas óptimas, ventilación perfecta y microclima ideal.

- Debe construirse en los trópicos (Alvarez, et al. 2003) de manera que el eje longitudinal se dirija en la dirección transversal al viento más frecuente para evitar restricciones naturales o artificiales al movimiento del aire hacia la nave.

- La sombra de árboles de alto porte que permitan al viento pasar debajo de ellos, como el mango, y la presencia de plantas verdes alrededor de las naves son elementos de valor en tales circunstancias.

- Es necesario una estructura de protección contra las temperaturas demasiado altas producidas por la insolación.

Las naves ponedoras en Cuba están orientadas en las direcciones Norte - Sur (N - S) y Este - Oeste (E - W), son construcciones sin paredes con techo metálico o de fibrocemento.

El objetivo de nuestro trabajo es, mediante mejoras sobre las naves actuales tratar de disminuir la temperatura interior de la nave contrarrestando las

posibles transmisiones de calor que provoque la mortalidad en las ponedoras, o la merma en la producción de huevos.

## Resultados

Para comenzar debemos hacer un análisis de las variables climáticas que influyen sobre la nave. En este caso trataremos el par temperatura humedad, el viento como agente de ventilación y la radiación sobre la nave y la forma de evitarla.

### Temperatura - Humedad

En la figura 1 podemos ver la distribución de frecuencia de la temperatura (T) de acuerdo con las horas del día en la Estación Meteorológica de Cienfuegos (Álvarez et al, 1999). Los máximos de repetición de valores se presentan en la forma clásica obtenida por Álvarez et. al (1996, 1997, 1998) para otras estaciones con valores cerca de los 24°C desde las 01: 00 hasta las 07: 00 horas, sobre los 30°C y 31°C entre la 10: 00 y la 16: 00 horas y sobre los 25°C entre las 19: 00 y las 22: 00 horas. Es significativo notar que entre las 01: 00 y las 07: 00 horas prácticamente no ocurren valores de T por encima de 26°C, que entre las 19: 00 y las 22: 00 horas no ocurren valores por encima de 28°C y que entre las 10: 00 y las 16: 00 horas casi no ocurren valores por debajo de 24°C.

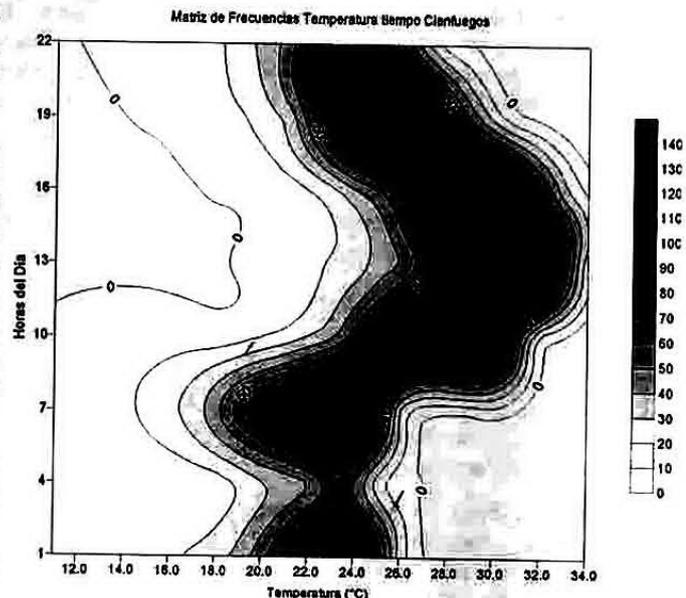


Fig.1 Cambios de la frecuencia de valores de la temperatura de acuerdo con la hora del día (26 años de datos trihorarios = 77168 datos)

En la figura 2 se presentan las mismas distribuciones, pero para valores de la humedad relativa (HR).

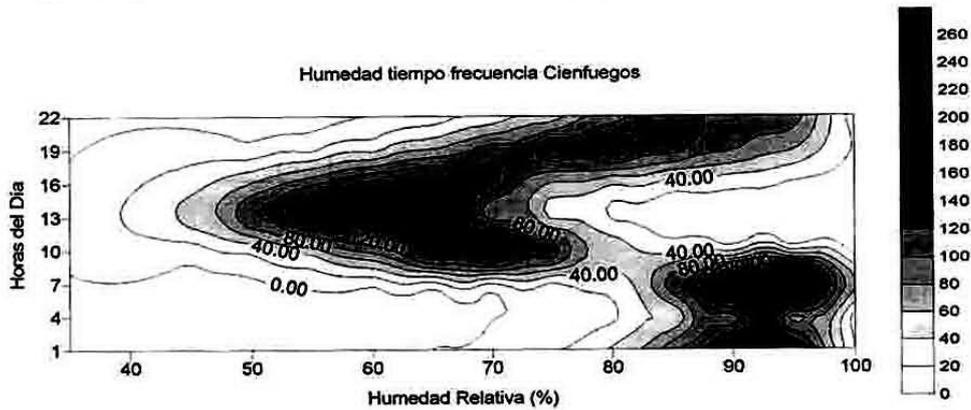


Fig.2 Cambios de la frecuencia de valores de la humedad relativa de acuerdo con las horas del día (26 años de datos trihorarios = 77168 datos).

Aquí podemos notar una coincidencia inversa con la figura anterior. Entre la 01: 00 y las 07: 00 horas casi no existen valores por debajo del 80% de HR, entre las 10: 00 y las 16: 00 horas casi no hay valores por encima del 75% de HR y entre las 19: 00 y las 22: 00 horas casi no hay valores por debajo del 70% de humedad relativa. Los máximos de ocurrencia están bien definidos a las 0700 horas el absoluto con  $90\% < HR < 96\%$ ; a las 10: 00 horas uno relativo con el 70% de HR, a las 13: 00 horas otro relativo con el 60% y a las 19: 00 horas otro relativo con el 80% de HR.

### Ventilacion

La ventilación en todos los casos dependerá del viento dominante en el lugar de instalación de la nave, pero como el viento es un vector con componentes rapidez y rumbo haremos un análisis por separado para cada una de las componentes.

### Rapidez del Viento

De acuerdo con los valores altos de HR encontrados en su marcha diaria (fig. 2) en horas de la madrugada cuando los valores de la T son los menores (fig. 2) y la experiencia que apunta a que las aves ponedoras mueren por sofocación en horas del día y no de la noche podemos concluir que la mortalidad se debe en sus aspectos fundamentales a los valores altos de temperatura.

Como quiera que las horas en que la T es máxima ocurren los mayores valores de la rapidez del viento, y conocemos que el viento actúa como refrescante, es decir, tiende a disminuir el efecto térmico haciendo que se sienta una temperatura mas baja, debemos analizar su comportamiento.

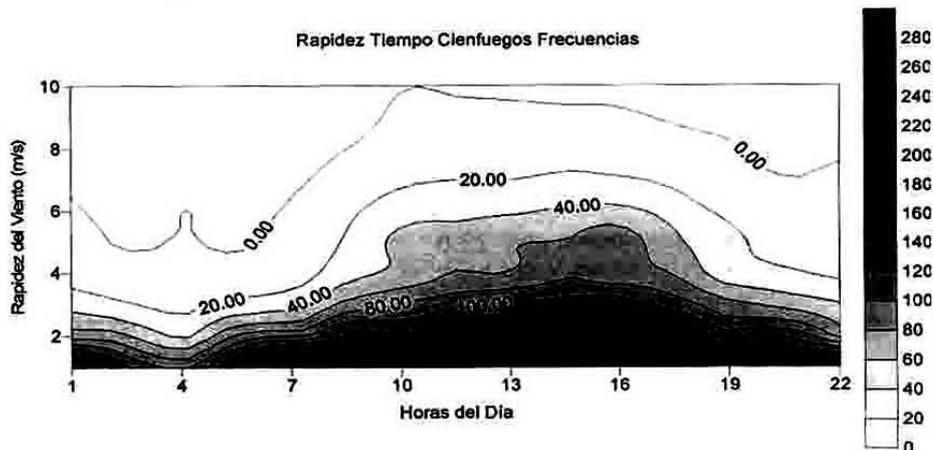


Fig. 3. Cambios en los valores de frecuencia en la rapidez del viento de acuerdo con la horas del día. (26 años de datos trihorarios) que es igual a 77168 datos) (frec.  $10^3$  ).

En la Figura 3 podemos ver la distribución de frecuencias de los valores de la rapidez del viento de acuerdo con las horas del día, donde entre las 0700 y las 1600 horas se nota un aumento de la repetición de casos por encima de 1-2 m/s.

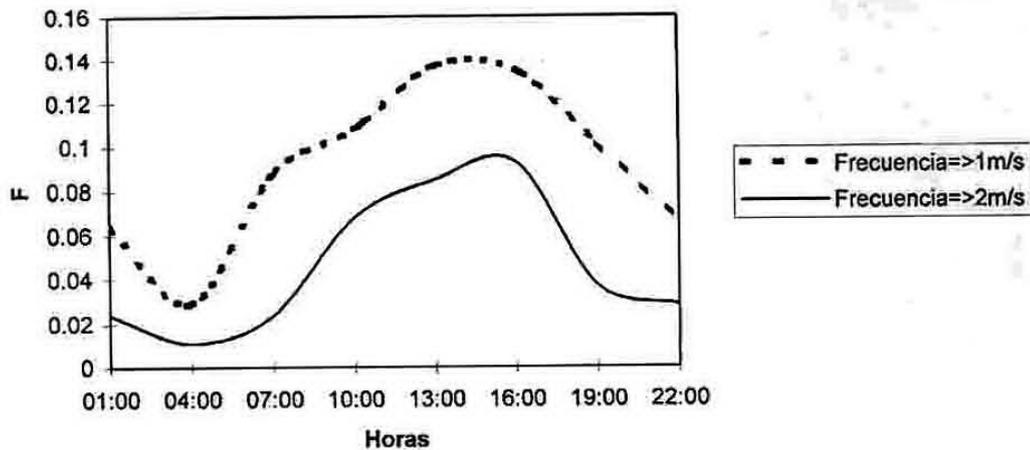


Fig. 4. Marcha diaria del viento para valores mayores o iguales a 1 m/s y mayores o iguales a 2 m/s.

En la Figura 4 podemos apreciar que tanto los valores mayores o iguales a 1 m/s (que ocurren en el 74.3% de los casos, con el 25.3% de calmas o valores de rapidez menores que 1 m/s) como los mayores o iguales a 2 m/s (38% de frecuencia) presentan un máximo entre las 7: 00 y las 19: 00, y al observar la Figura 1 vemos que también esas horas son las de máximo valor de T, por tanto, la ventilación será

máxima en las horas de máxima temperatura, pero debemos tener en cuenta que el valor de T que más se repite a esas horas está en el rango de  $29^{\circ}\text{C} < T < 31^{\circ}\text{C}$  por lo que en el 73 % de los casos la ventilación lo llevará a  $28.5^{\circ}\text{C} < T < 30^{\circ}\text{C}$  (ver Tabla 1), siendo la ocurrencia de vientos  $> 2$  m/s insuficiente para resolver el problema de refrescar las naves.

Tabla 3. Valores calculados de temperatura efectiva (TE) para valores pequeños de la rapidez del viento en función de la T. El descenso de T debido a la acción del viento se calcula utilizando la fórmula  $TE = T + (33.0 - T)(0.495 - 0.225 (v)^{1/2}) + 0.0134 v$  donde TE es la T efectiva, T se mide en  $^{\circ}\text{C}$  y v en Km/h. Fórmula de cálculo del wind chill utilizada en el Instituto de Meteorología.

Valor de T en $^{\circ}\text{C}$	Valor de V=1 m/s	TE en $^{\circ}\text{C}$ V=2 m/s
18	17.4	16.6
19	18.5	27.7
20	19.5	18.8
21	20.5	19.9
22	21.6	21.0
23	22.6	22.1
24	23.7	23.2
25	24.7	24.3
26	25.7	25.4
27	26.8	26.4
28	27.8	27.5
29	28.8	28.6

Dado que ésta fórmula es utilizada en pronósticos del tiempo debe considerarse una aproximación al descenso real.

### Rumbo del Viento

Ahora bien, el viento que ventila las naves de ponedoras es el que se encuentra normal a las paredes longitudinales de la nave (las naves de puesta no tienen paredes) que se encuentran ubicadas en

su mayoría con orientación Norte - Sur (N-S) longitudinalmente. Si observamos el diagrama de la figura 5 podemos ver que, con orientación N-S solo serán normales los componentes Este - Oeste (E-W), y por tanto los otros rumbos tendrán el valor normal a la nave igual a:

Con orientación N- S		Con orientación E- W	
N $\cos 90^\circ = 0$	S $\cos 90^\circ = 0$	E $\cos 90^\circ = 0$	W $\cos 90^\circ = 0$
NNE $\cos 67.5^\circ$	SSW $\cos 67.5^\circ$	ESE $\cos 22.5^\circ$	WNW $\cos 67.5^\circ$
NE $\cos 45^\circ$	SW $\cos 45^\circ$	SE $\cos 45^\circ$	NW $\cos 45^\circ$
ENE $\cos 22.5^\circ$	WSW $\cos 22.5^\circ$	SSE $\cos 67.5^\circ$	NNW $\cos 22.5^\circ$
E $\cos 0^\circ = E$	W $\cos 0^\circ = W$	S $\cos 0^\circ = S$	N $\cos 0^\circ = N$
ESE $\cos 22.5^\circ$	WNW $\cos 22.5^\circ$	SSW $\cos 22.5^\circ$	NNE $\cos 22.5^\circ$
SE $\cos 45^\circ$	NW $\cos 45^\circ$	SW $\cos 45^\circ$	NE $\cos 45^\circ$
SSE $\cos 67.5^\circ$	NNW $\cos 67.5^\circ$	WSW $\cos 67.5^\circ$	ENE $\cos 67.5^\circ$

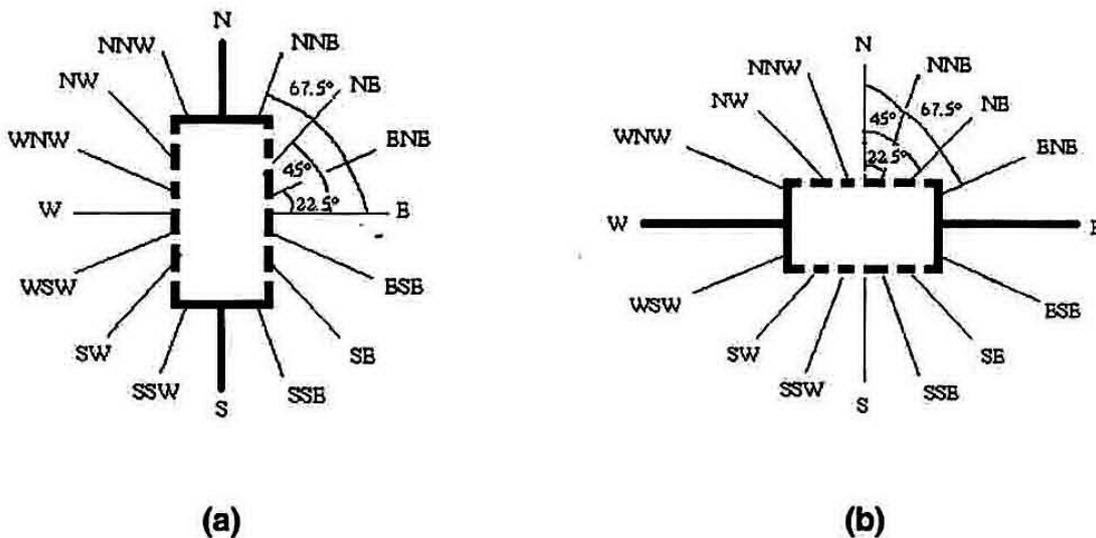


Fig. 5 Sombra provocada por el frente y el fondo de la nave para las componentes del viento y orientación: (a) Norte - Sur (b) Este - Oeste.

Si calculamos la frecuencia total transversal a la nave veremos que en las dos orientaciones solo puede ser utilizado el 42% de la frecuencia de vientos > 1 m/s para refrescar la nave.

Las distribuciones de los rumbos de acuerdo con las horas del día puede verse en la Figura 6.

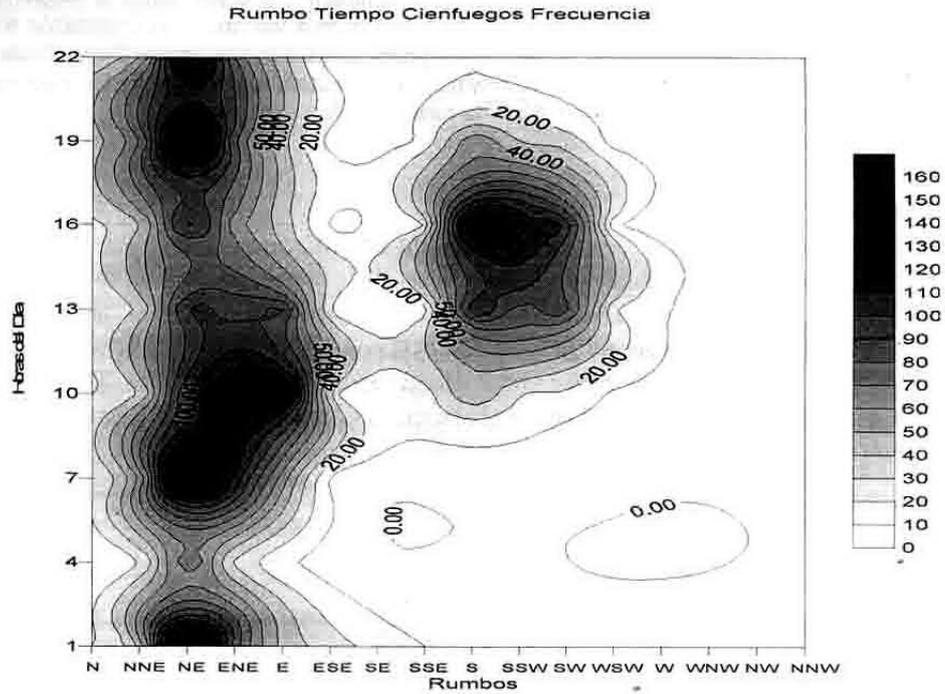


Fig. 6. Distribución de los rumbos de acuerdo con la horas del día en la estación meteorológica de Cienfuegos. . (26 años de datos trihorarios) que es igual a 77168 datos).

Como dato adicional acerca del viento podemos analizar la figura 7 que representa la matriz rapidez - rumbo en la estación meteorológica de Cienfuegos.

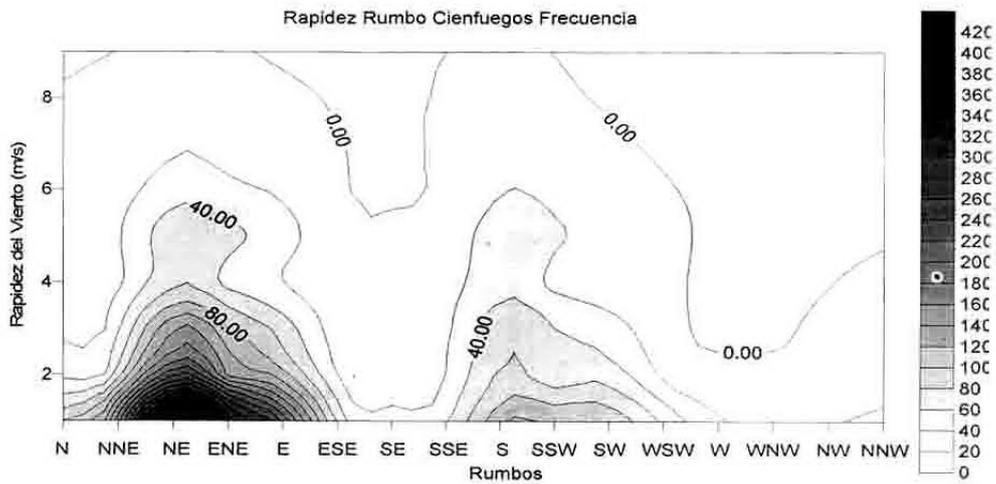


Fig. 7. Valores de frecuencia de la rapidez del viento de acuerdo con su rumbo para la estación meteorológica de Cienfuegos. (26 años de datos trihorarios) que es igual a 77168 datos).

En ella podemos apreciar que los vientos más frecuentes ocurren entre el NNE y el ENE con una rapidez menor o igual a 3 m/s, y que hay una representación pequeña de vientos entre el S y el SW también para valores de la rapidez menores que 2 m/s. Debe notarse que los vientos con valores de rapidez menores que 4 m/s son casi inexistentes.

### Radiación

La mayor parte del calor que recibe una nave albergue de ponedoras proviene de la radiación solar. Es conocido que cuando un rayo de sol llega a un lugar con un ángulo de inclinación parte de él se refleja, otra se refracta y otra se dispersa, por lo que en el techo de la nave habrá una refracción que transmitirá

el calor hacia dentro de la misma, especialmente cuando el techo esté confeccionado con materiales conductores del calor como es el zinc, u otro metal. También cuando un rayo de Sol inclinado llegue a la nave, que no tiene paredes, se reflejará en el piso de ésta dirigiéndose hacia las jaulas dentro de las cuales se encuentran las gallinas.

La radiación normal máxima en Cuba es, como promedio, 1,3 kw/m<sup>2</sup> y disminuye según el sol, forma un ángulo con la superficie en razón del coseno del ángulo que forma. Esto es, si llamamos R a la radiación normal al techo la inclinada será  $R \cos \theta$ , de manera que para un ángulo de 45 grados con valor del coseno de 0,7 la máxima radiación será de 0,91 kw/m<sup>2</sup> con una reducción de 0,39 kw/m<sup>2</sup>, o sea el 30 %.

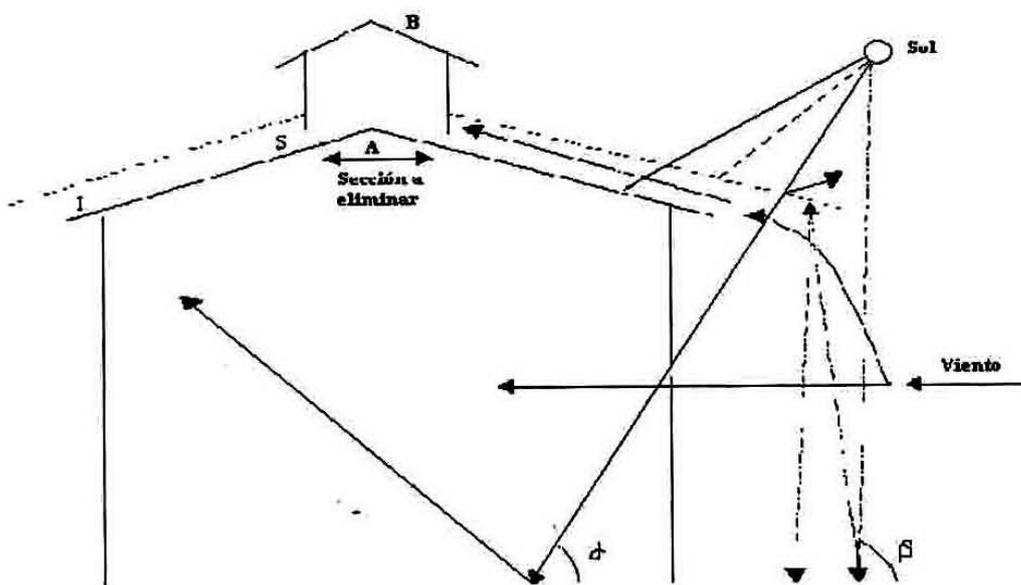


Fig. 8 Sección transversal de una nave de ponedora en línea continua de las existentes en las granjas.

### Esquema de la nave.

Con vistas a refrescar las naves actuales se proponen los cambios siguientes referidos a la figura 8.

1. Cortar el techo por la línea A y sobreimponer el techo B que no llevará paredes a forma de chimenea de manera que el aire caliente que se eleva salga por ambos lados de la chimenea.

2. Colocar un doble techo (línea de trazos en la figura 3) más próximo al originar en la parte superior que en la inferior de manera que el viento ascienda y se acelere cumpliendo el principio de Bernoulli ( $r A1V1 = r A2V2$ ) arrastrando el aire caliente que

puede haber entre ambos techos. La radiación incidente en este segundo techo debe atravesar el primero, la capa de aire que se renueva, el segundo techo y después pasar hacia el interior de la nave.

3. El nuevo techo tendrá un alero de al menos 50 cms (debe calcularse in situ) con el objeto que la radiación incidente en la nave en un ángulo  $\alpha$  como se muestra en la figura 8 pase a formar un ángulo  $\beta$  con la superficie,  $\beta > \alpha$ , de manera que  $\cos \alpha > \cos \beta$  que hará disminuir la radiación normal a la nave y además evitará la reflexión del calor. Este alero puede reducir la radiación incidente en un promedio de 8 - 9 w/m<sup>2</sup> por grado.

4. La cubierta del nuevo techo debe estar pintada de blanco (Rossette, et al. 2000) para reflejar la radiación y reducir su efecto aún más. Se propone pintar con lechada ya que ésta refleja casi perfectamente, es económica, lo que permite pintar cada cierto tiempo y por su naturaleza impide el nacimiento de hongos.

5. Un aspecto favorecedor sería poder cubrir uno de los techos por su parte inferior con playwood, cartón de bagazo u otro material aislante, aunque esto encarecería la solución.

6. Como puede verse en la figura los terrenos donde se ubican las naves carecen de árboles y una buena medida para refrescar las naves sería plantar árboles de alto porte que ofrezcan sombras en la parte superior y permitan el paso del viento en la parte inferior, como el mango y el aguacate.

## Conclusiones

- De todo lo anteriormente expuesto se concluye que introduciendo las mejoras planteadas a las naves de gallinas ponedoras puede crearse un ambiente confortable para la producción de huevos. Si suponemos que con la mejora del confort podemos incrementar la puesta en dos huevos por año eso representaría un incremento de 20 millones de huevos anuales teniendo en cuenta la población de aves promedio en el país.

- Las mejoras, de ser introducidas podrán evitar un golpe de calor que lleve a las gallinas ponedoras a la situación de estrés o muerte por altas temperaturas con un aumento significativo en la producción de huevos al tener mayor cantidad de gallinas hábiles para la puesta.

- Debe sembrarse árboles de alto porte en los alrededores de las naves, para colaborar al refrescamiento de las mismas.

## Referencias Bibliográficas

**Alvarez, R. et al (1997):** Análisis de los cambios en los patrones de dispersión de contaminantes, del potencial eólico energético y algunas variables meteorológicas debido a la variabilidad y /o los cambios climáticos. Obtención de los resultados para la estación Casablanca. Informe de resultado, INSMET, CITMA.

**Alvarez, R. et al (1998):** Análisis de los cambios en los patrones de dispersión de contaminantes, del potencial eólico energético y algunas variables meteorológicas debido a la variabilidad y /o los cambios climáticos. Análisis de la zona central de Cuba. Informe de resultado, INSMET, CITMA.

**Alvarez, R. et al (1998):** Análisis de los cambios en los patrones de dispersión de contaminantes, del potencial eólico energético y algunas variables meteorológicas debido a la variabilidad y /o los

cambios climáticos. Análisis comparativo de la variabilidad en el occidente y oriente de Cuba. Informe de resultado, INSMET, CITMA.

**Alvarez, L. et al (2003):** Base de Datos GRANMET, INSMET, CITMA.

**Ortiz, Carlos. (1995):** Efecto del medio Ambiente sobre la respuesta inmune en aves. Gaceta Avícola, 2 (3) 31.

**Borragón, José Ignacio C. (1997):** Control del medio ambiente en naves de puesta. Selecciones Avícolas XXXIX (8) 69 - 80.

**Brieba, Vicente. (1996):** Ventilación natural en granjas de broilers Control del medio ambiente. Selecciones Avícolas XXXVIII (8) 484.

**Cahner, A. (1997):** Mejora de la producción avícola en condiciones de estrés climático mediante manipulación genética. Selecciones Avícolas XXXIX (11) 660 - 661.

**Ciudad, José M. (1995):** Sistemas de ventilación y refrigeración en avicultura. Selecciones Avícolas XXXIX (6) 347 - 351.

**Joly, Philippe. (1995):** Cómo efectuar con éxito la instalación de las pollitas en el local de puesta. Selecciones Avícolas XXXVII (7) 424 - 429.

**Martelo, María T. (1997):** Influencia del clima sobre los animales. Técnicas Agrometeorológicas en la Agricultura operativa de América Latina - OMM. 77 - 87.

**Rodríguez, T.A. (1988):** Influencia de las condiciones ambientales en el comportamiento productivo de la ponedoras. Revista Cubana de Ciencia Avícola. 32 (1) 89 - 96.

**Rossete A.; A. Lezcano y J.F. Arcla (2000):** Recubrimiento de techos con pinturas reflecto - aislantes en naves para pollos de engordo. Revista Cubana de Ciencia Avícola. Vol. 24 No. 1 pp 41 - 46.

**Valancony H, Mogenet L. (1996):** El vigosine y los golpes de calor. Selecciones Avícolas XXXVIII (8) 496 - 498.

### Abstract

*It occurs in the massive production of eggs that due to the stacking and other ventilation conditions within the hen house lethal temperatures might be reached, an issue that has been corroborated in the field. Therefore it's paramount to try to reduce to the maximum the amount of heat that flows into the hen house so temperatures remain within the confort regime and production does not drop. In this work confort conditions are analyzed at hen houses in Cuba taking into account orientation, radiation and ventilation. In each case it is analyzed how these parameters influence the discomfort conditions that might occur due to heat increase inside the house. Changes are proposed in the design of existing hen houses that aim to reduce the temperature inside counting on existing or easily accesible resources. A detailed scheme is introduced of the changes that should be undertaken and an explanation of every one as well as its influence. Other conclusions are given.*

**Key words:** Temperature, radiation, confort.