

ESTUDIO DE LA DISPONIBILIDAD DE PASTO Y EL CONFORT TÉRMICO EN LA EMPRESA PECUARIA BACURANAO.

*Janet Cazañas Valldeperas¹, Eduardo Pérez Valdés¹, Julio C. Marín Aguado¹,
Agustín Menéndez Ginorio¹, Danilo Guerra Iglesias², Héctor Malagón Núñez¹,
Dianelys González-Peña Fundora²*

1- Instituto de Meteorología. Dpto de Agrometeorología, Cuba.

2- Centro de Investigación para el Mejoramiento Animal, Cuba.

Telf: (537) 867 0714 Fax: (537) 33 8010

E-mail: janetbio@yahoo.com

I. Introducción

La ganadería de bovinos es uno de los puntales más importantes de las explotaciones pecuarias actuales. Las condiciones meteorológicas inciden en la actividad ganadera en forma directa e indirecta influenciando los procesos fisiológicos y metabólicos del animal y por ende la producción de leche y carne. El pasto es la principal fuente de alimento para el ganado vacuno, por lo que su carencia constituye uno de los factores limitantes en la producción pecuaria. El método agrometeorológico resulta mucho más económico y eficaz para determinar el contenido de humedad del suelo y la producción de biomasa vegetal. Los factores térmicos ejercen una influencia directa e indirecta sobre todos los procesos biológicos que ocurren en el organismo de los animales. Cuando el animal comienza a sentir un agobio de calor se ponen en marcha mecanismos que conllevan a un deterioro en el estado físico del animal, el cual se refleja según el grado de estrés térmico, en una disminución en la producción y calidad de la leche, en una disminución del peso corporal, en un debilitamiento del sistema inmunológico y en casos extremos, en la muerte del animal. . El principal índice que permite cuantificar el grado de estrés térmico al cual está sometido el animal es el THI (Temperature-Humidity-Index), el cual combina la temperatura y la humedad relativa del aire. En este trabajo se trazaron los siguientes objetivos:

- 1-Realizar una caracterización climática de las dos zonas productivas que conforman la Empresa Pecuaria Bacuranao para describir el comportamiento histórico de las variables meteorológicas que más influyen en el ganado vacuno.
- 2-Analizar la disponibilidad de pasto en las dos zonas de estudio en base al régimen térmico y radiativo así como a las condiciones de disponibilidad hídrica del suelo.
- 3-Analizar el grado de confort térmico en el ganado vacuno en base a un índice que combina la temperatura y la humedad relativa del aire.

II. Materiales y métodos

En este estudio se seleccionaron las dos zonas productivas pertenecientes a la Empresa Pecuaria Bacuranao ubicada en Ciudad de La Habana y dedicada a la cría de ganado vacuno. La zona A ocupa un área territorial de 8372 ha y comprende los municipios Guanabacoa y Habana del Este. La zona B ocupa un área territorial de 2468 ha y comprende los municipios Arroyo Naranjo, Boyeros y Cotorro.

Los datos meteorológicos utilizados en este estudio pertenecen a la base de datos del Centro del Clima del Instituto de Meteorología (INSMET), los cuales fueron validados por especialistas de este centro. Se seleccionaron las estaciones de

Casablanca y Santiago de Las Vegas pertenecientes a la red de estaciones meteorológicas de superficie del INSMET como representativas de la zona A y B respectivamente.

Las variables meteorológicas analizadas en ambas zonas son la precipitación (mm), la temperatura del aire (°C), la humedad relativa (%) y la radiación (MJ/m²) para una serie de 26 años (1975-2000). Para calcular los valores medios se empleó como estadístico la media aritmética (promedio) para todas las variables analizadas, excepto para la precipitación, para la cual se empleó la mediana como medida de la tendencia central. La temperatura media diurna (Td) y la temperatura media nocturna (Tnc) se calculan de la siguiente manera (Went, 1957):

$T_d = T_x - 0.25 (T_x - T_n)$ y $T_{nc} = T_n + 0.25 (T_x - T_n)$ donde Tn es la temperatura máxima y Tn la temperatura mínima

El modelo simplificado de balance hídrico del suelo que se empleó es el propuesto por Solano y col. (2003) para una agricultura de secano, utilizando como período de tiempo la decena (diez días) y expresado en términos del agotamiento de agua en la rizosfera al final de un período. La evapotranspiración de referencia es calculada por el método de Penman-Monteith ajustado a las condiciones de Cuba, según Menéndez y col. (1999). Para condiciones no estándar (con ajustes en el suministro de agua), la evapotranspiración ajustada se calcula según Allen y col. (1998). Como período de crecimiento de los cultivos se tomó aquel período, donde los valores de precipitación son mayores a la mitad de la necesidad hídrica del cultivo. El índice de humedecimiento modificado de los cultivos se calculó según Solano y col. (2001) y se evaluó en un rango que va desde condiciones excesivamente húmedas hasta condiciones severamente secas. El modelo utilizado para el cálculo de producción de biomasa neta potencial es el tratado en el Informe del Proyecto de Zonas Agroecológicas (FAO, 1981).

Para el estudio de la sensación térmica en el ganado vacuno se analiza primeramente el efecto de la temperatura del aire sobre el ganado vacuno lechero en la zona tropical según la clasificación de Kulikov y Rudnev (1980). Se emplearon los valores promedios decenales de la temperatura máxima, mínima, diurna y nocturna correspondientes a la serie de años 1979-2000.

Se calculó un índice combinado temperatura-humedad (THI) decenal diurno, nocturno y medio a partir del promedio de los diez THI diarios diurno, nocturno y medio respectivamente, correspondientes a la decena en cuestión. Para el cálculo de los THI diarios diurno, nocturno y medio se trabajó con valores diarios de la humedad relativa del aire y de la temperatura diurna, nocturna y media respectivamente. Se calculó otro índice combinado temperatura-humedad (THI) decenal diurno, nocturno y medio a partir de los valores decenales de la humedad relativa del aire y la temperatura diurna, nocturna y media respectivamente. Ambos THI decenales se correlacionaron para analizar su similitud. Se calculó el THI por medio de la expresión (Martelo,1997) :

$THI = T + 0.36 \times Tr + 41.2$ donde la variable T es la temperatura diurna, nocturna o media según el THI calculado (diurno, nocturno o medio) y Tr la temperatura del punto de rocío. El THI se analizó para una serie de 21 años correspondiente al período 1979-2000 y se empleó la escala de valores umbrales del THI propuesta por el Weather Bureau (Nota Técnica No.191, 1989) con una adecuación a las condiciones climáticas de la zona de estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Escala de valores umbrales de THI utilizada.

Límites de THI	Calificación del régimen	Estado del animal
< 70	Normal	El estado es el mejor y la productividad es máxima.
70 – 73	Aceptable	Los animales están activos, la productividad se mantiene a un nivel aceptable.
74 – 76	Alerta	Abatimiento insignificante de los animales.
77 – 80	Peligro	Abatimiento visible de los animales
> 80	Peligro Extremo	Abatimiento significativo de los animales.

Se construyó un climograma tomando como eje de las abscisas los valores promedios mensuales de la producción de biomasa neta ajustada y como eje de las ordenadas los valores promedios mensuales del THI medio. Los doce puntos así obtenidos se unen por medio de segmentos rectilíneos dando por resultado una poligonal cerrada para cada localidad (Marrero y col., 1988)

III. Resultados y discusión

Caracterización climática

El comportamiento secular de la precipitación para casi todo el territorio cubano muestra dos épocas bien diferenciadas, el período lluvioso (de mayo a octubre) y el período poco lluvioso (de noviembre a abril). La región de estudio muestra esta misma diferenciación de períodos. Los acumulados de lluvia son menores en la zona A al compararlos con la zona B durante casi todo el año, con rangos mensuales de precipitación que oscilan aproximadamente entre 125-160 y 140-250 mm respectivamente. El acumulado anual medio según la mediana de esta variable para la zona A es de 1261.8 mm y para la zona B es de 1576.9 mm. A los períodos estacionales poco lluvioso y lluvioso corresponden valores medios según la mediana de 466.3 y 783.9 mm y de 363.2 y 1213.7 mm para las zonas A y B, respectivamente. El valor mínimo absoluto se registra en el mes de marzo en la zona A con un valor de la mediana de 37.1 mm y en la zona B se registra en diciembre con un valor de la mediana de 32.8 mm. El máximo absoluto en la zona A se registra en septiembre y octubre con valores de la mediana de 163.8 y 158.2 mm y en la zona B en junio y septiembre con valores de la mediana de 247.5 y 243.3 mm respectivamente.

El comportamiento secular de la temperatura para casi todo el territorio cubano define las épocas de verano e invierno en cierto grado coincidentes con el período lluvioso y poco lluvioso respectivamente, con variaciones térmicas entre el invierno y el verano. La región de estudio presenta estas mismas características. El comportamiento de la temperatura media del aire durante todo el año es mayor en la zona A que en la zona B con valores promedios anuales de 25.4 y 24.8 °C respectivamente. A los períodos estacionales poco lluvioso y lluvioso corresponden valores promedios de 23.5 y 27.2 °C y de 22.8 y 26.8 °C para las zonas A y B respectivamente. El valor promedio anual de la amplitud térmica es mayor en la zona B (9.4 °C) que en la zona A (7.2 °C), con oscilaciones entre 8.5 y 10.1 °C y entre 6.3 y 7.9 °C para cada zona, respectivamente. Los mayores valores de amplitud térmica para la zona A se presentan en los meses de marzo y abril, y para la zona B en el

mes de abril; los menores valores de esta variable se presentan en octubre para la zona A y en noviembre para la zona B.

El régimen medio de las temperaturas máxima y mínima del aire define el mes (o los meses) más cálido (s) y frío (s) respectivamente. Para ambas zonas coincidieron como los meses más cálidos julio y agosto, y como los meses más fríos enero y febrero. La zona B presenta mayores valores de la temperatura máxima del aire con respecto a la zona A, fundamentalmente en el período lluvioso. Como resultado de esto el valor promedio anual de esta variable es 0.5 °C mayor para la zona B (29.5 °C) al compararlo con la zona A (29.0 °C). A los períodos estacionales poco lluvioso y lluvioso le corresponden valores promedios de 27.2 y 30.8 °C y de 27.5 y 31.5 °C para las zonas A y B respectivamente. Los valores promedios de temperatura máxima del aire reportados en julio y agosto en las zonas A y B son de 31.6 y 31.8 °C y de 32.3 y 32.4 °C, respectivamente.

Durante todo el año la zona A presenta valores superiores de la temperatura mínima del aire (de aproximadamente 2 °C) con respecto a la zona B. El valor promedio anual de esta variable es 1.6 °C mayor en la zona A (21.7 °C) al compararlo con la zona B (20.1 °C). A los períodos estacionales poco lluvioso y lluvioso corresponden valores promedios de 19.8 y 23.7 °C y de 18.1 y 22.1 °C para las zonas A y B, respectivamente. Los valores promedios de temperatura mínima del aire reportados en enero y febrero en las zonas A y B son de 18.5 y 18.6 °C y de 16.6 y 16.9 °C, respectivamente. Debe destacarse que el comportamiento de la temperatura mínima en la zona A condicionó que sus valores promedios de temperatura media del aire fueran superiores a los de la zona B, independientemente de que en esta última localidad los valores de temperatura máxima fueran ligeramente superiores a los de la zona A.

La humedad relativa es bastante elevada en ambas zonas siendo mayor durante casi todo el año en la zona B, excepto en marzo y abril donde ambas localidades presentan el mismo valor. El valor promedio anual de esta variable para las zonas A y B es de 79 y 80% respectivamente. A los períodos estacionales poco lluvioso y lluvioso corresponden valores promedios de 77 y 80% y de 78 y 82% para las zonas A y B, respectivamente. Se aprecia en ambas zonas un valor mínimo absoluto en el mes de abril con un valor promedio de 75%. El valor máximo absoluto en la zona A se registra en septiembre, con un valor promedio de 82% y en la zona B en septiembre y octubre con un valor promedio de 84%.

El valor promedio anual de la radiación es de 18.3 MJ/m² en la zona A y de 17.8 MJ/m² en la zona B. Estas diferencias se deben a que durante el período lluvioso la zona A (20.4 MJ/m²) presenta un valor promedio superior a la zona B (19.6 MJ/m²). Ambas localidades presentan durante el período estacional poco lluvioso un valor promedio de 16.1 MJ/m². Los meses donde se apreciaron los máximos valores de radiación fueron marzo y abril con valores promedios para la zona A y B de 22.5 y 22.6 MJ/m² y de 22.2 y 22.1 MJ/m², respectivamente. Ambas zonas presentaron los valores mínimos de radiación en diciembre, con valores promedios de 12.0 y 12.5 MJ/m² para las zonas A y B respectivamente.

Análisis de la disponibilidad de pasto.

En la Figura 1 se muestra la disponibilidad hídrica del suelo calculada a través del balance hídrico del suelo simplificado para una agricultura de secano. En la zona A se observa que la precipitación caída supera a la necesidad hídrica sólo en dos decenas (la tercera decena de septiembre y la primera decena de octubre), mientras que en la zona B esto ocurre, desde la tercera decena de mayo hasta la segunda decena de octubre (quince decenas). En el resto de las decenas los pastos vegetan en condiciones de estrés hídrico debido a la presencia de déficits en la humedad del suelo.

El período de crecimiento para los pastos, es menor en la zona A (doce decenas) al compararlo con la zona B (veinte decenas). En la zona A se extiende desde la primera decena de agosto hasta la tercera decena de noviembre y en la zona B desde la segunda decena de mayo hasta la tercera decena de noviembre.

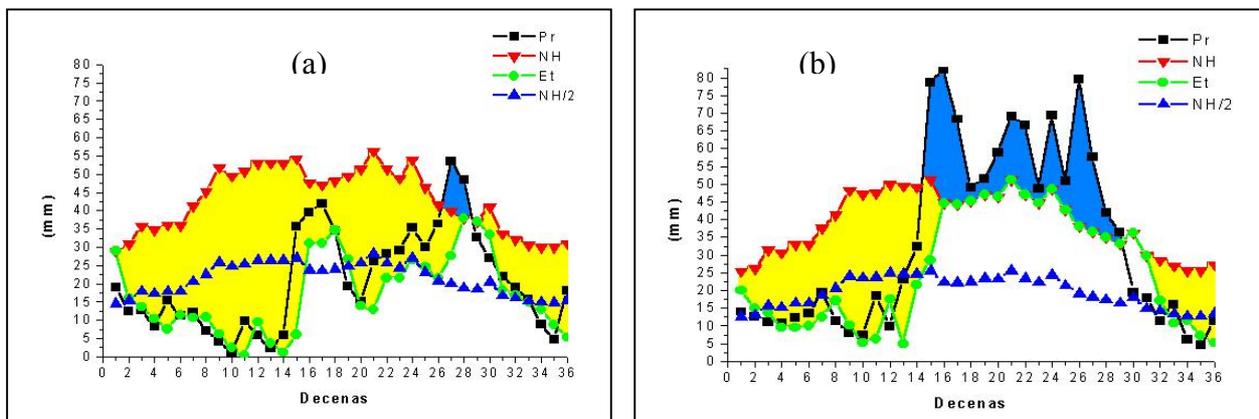


Figura 1. Disponibilidad hídrica del suelo calculada a través del balance hídrico del suelo simplificado para una agricultura de secano. (a): zona A (b): zona B. El color azul y el amarillo representan el exceso y el déficit de agua en el suelo respectivamente.

Los resultados del cálculo del índice de humedecimiento modificado de los cultivos se muestran en la Figura 2. En los meses enero y febrero predominan las condiciones ligeramente secas en ambas zonas, por lo que los cultivos se encuentran en condiciones de estrés hídrico ligero. Al llegar a marzo y abril, las reservas de agua en el suelo aprovechables por los cultivos se han agotado considerablemente presentándose condiciones muy secas donde el cultivo vegeta en estrés hídrico moderado. El contenido de humedad en el suelo se incrementa en mayo con el comienzo del período lluvioso; no obstante, las precipitaciones caídas en la zona A no llegan a aumentar los niveles de humedad del suelo por encima del límite productivo por lo que los cultivos pasan de estrés hídrico moderado a ligero; sólo en la tercera decena de septiembre y en la primera decena de octubre, los cultivos vegetan en condiciones favorablemente húmedas. En la zona B los cultivos vegetan en condiciones favorablemente húmedas y muy húmedas durante todo el período lluvioso (mayo-octubre). En noviembre, con el comienzo del período poco lluvioso disminuye la humedad del suelo, presentándose condiciones ligeramente secas en noviembre y muy secas en diciembre en ambas localidades. Debe

destacarse que en ambas localidades los pastos no vegetan ni en condiciones excesivamente húmedas ni severamente secas y que en la zona B, los pastos vegetan en condiciones más favorables de humedad del suelo que en la zona A, durante casi todo el año.

Como se aprecia en la Tabla 2, ambas localidades presentan valores de producción de biomasa neta potencial muy similares durante todo el año y esto se debe a que los valores de radiación solar y temperatura media del aire presentan pocas diferencias entre ambas localidades. Los meses con mayor producción de biomasa neta potencial corresponden al período de marzo a septiembre en ambas zonas.

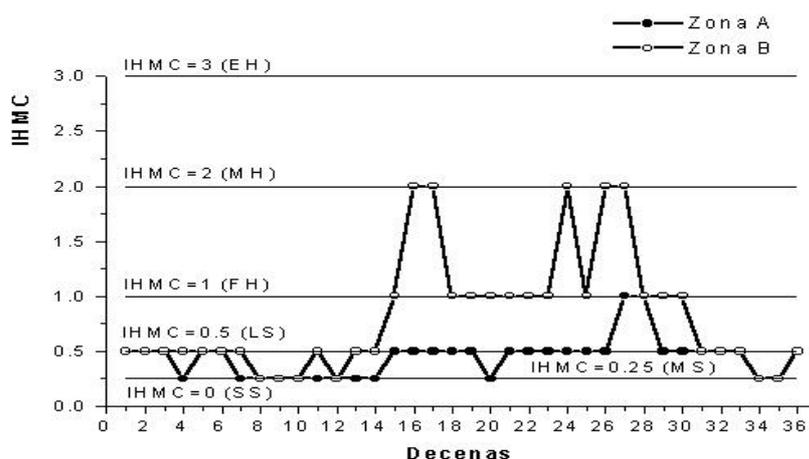


Figura 2. Distribución anual promedio del índice de humedecimiento modificado de los cultivos (IHM C) en las dos localidades de estudio para el período 1975-2000. EH (Excesivamente húmedo), MH (Muy Húmedo), FH (Favorablemente Húmedo), LS (Ligeramente Seco), MS (Muy seco), SS (Severamente Seco).

Tabla 2. Valores mensuales de producción de biomasa neta potencial (Bn1) y ajustada por déficit hídrico (Bn2).

Meses	Zona A			Zona B		
	Bn1 (kg/ha)	Bn2 (kg/ha)	(Bn1/Bn2)x100	Bn1(kg/ha)	Bn2(kg/ha)	(Bn1/Bn2)x100
Enero	1557	955	61	1564	920	59
Febrero	1649	456	28	1652	495	30
Marzo	2062	414	20	2064	641	31
Abril	2207	180	8	2206	440	20
Mayo	2350	158	7	2346	865	37
Junio	2283	1546	68	2269	2269	100
Julio	2354	802	34	2345	2345	100
Agosto	2289	1032	45	2280	2280	100
Septiembre	2050	1182	58	2046	2046	100
Octubre	1883	1763	94	1896	1896	100
Noviembre	1570	812	52	1578	1068	68
Diciembre	1479	436	30	1491	453	30

En la Figura 3 se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de la producción de biomasa neta ajustada que considera la disminución por estrés hídrico. Se aprecia que durante todo el año la zona B presenta valores más altos de biomasa neta ajustada que la zona A. Durante el período poco lluvioso las disminuciones en la producción de biomasa neta por déficits hídricos alcanzan valores próximos al

63% en ambas zonas. En el período lluvioso, se aprecian diferencias notables en la disminución de la producción de biomasa neta entre ambas localidades. En la zona A, la disminución llega a alcanzar aproximadamente un 50% mientras que en la zona B, todos los meses del período lluvioso alcanzan el valor potencial de biomasa neta (100%), excepto mayo que alcanza sólo el 37% del valor potencial para ese mes. Debe destacarse en la zona A, que en los meses abril y mayo sólo se alcanza el 8 y el 7 % respectivamente, del valor potencial de biomasa neta; el porcentaje más bajo que alcanza la zona B es en abril, con un valor del 20%. Todo esto indica que la zona B presenta mayor disponibilidad de pasto que la zona A, fundamentalmente en el período lluvioso.

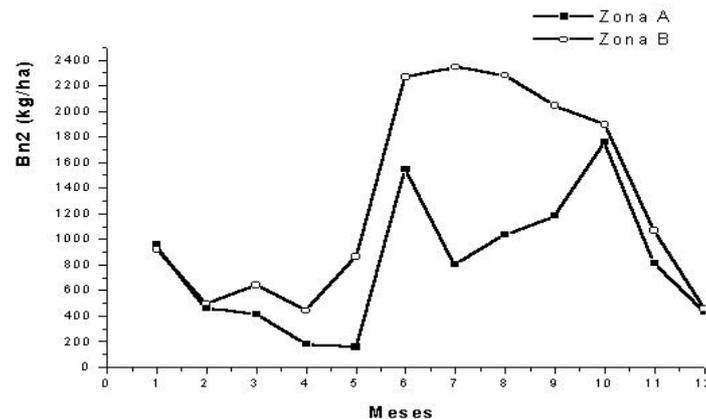


Figura 3. Distribución anual de la producción de biomasa neta ajustada (Bn2) calculada en ambas localidades para el período 1975-2000.

Análisis del confort térmico.

Análisis mediante la clasificación de Kulikov y Rudnev (1980).

En la Tabla 3 se muestran los períodos de confort térmico para el ganado vacuno obtenidos a partir del análisis de los valores máximos y mínimos de las temperaturas media diurna y media nocturna del aire teniendo en cuenta la clasificación de Kulikov y Rudnev (1980). En ambas zonas, los períodos de confort térmico que se obtienen a partir del análisis de la temperatura máxima y la media diurna difieren, así como, los que se obtienen a partir del análisis de la temperatura mínima y la media nocturna.

En ambas localidades, la temperatura máxima presenta valores entre el rango de favorable y desfavorable y la temperatura diurna entre el rango de ideal a no totalmente favorable. Esto indica la ausencia de períodos con temperaturas ideales y la presencia de períodos con temperaturas desfavorables si se analiza la temperatura máxima; todo lo contrario sucede si se analiza la temperatura media diurna. En la zona A, el período de temperaturas máximas desfavorables se extiende desde la tercera decena de junio hasta la tercera decena de septiembre (diez decenas) y en la zona B desde la segunda decena de mayo hasta la tercera decena de septiembre (catorce decenas). El período de temperatura media diurna ideal se extiende en ambas zonas desde la segunda decena de diciembre hasta la primera decena de marzo (nueve decenas).

Cuando se analiza la temperatura mínima, se observa que ambas zonas se mantienen durante todo el año con valores de temperaturas ideales; sin embargo, si se analiza la temperatura media nocturna se aprecia un período de temperaturas favorables en ambas localidades, que se extiende desde la tercera decena de mayo hasta la primera decena de octubre en la zona A y desde la tercera decena de junio hasta la tercera decena de agosto en la zona B.

Estos resultados muestran una sobrestimación del estrés térmico al analizar sólo la temperatura máxima y una sobrestimación de las condiciones ideales de temperatura al analizar sólo la temperatura mínima, como fue obtenido por Mejías y col. (2003) al realizar un estudio semejante para todo el territorio cubano tomando los valores promedios históricos de la temperatura máxima y mínima del aire. Esta sobrestimación se debe a que la temperatura máxima y mínima del aire no son más que un momento durante el día y la noche donde ocurren los valores extremos y por tanto, no son representativos del comportamiento medio de la temperatura durante el día y la noche respectivamente. Por esto se recomienda el uso de la temperatura media diurna y la temperatura media nocturna como representativas del efecto de la temperatura del aire sobre las condiciones de confort térmico en los animales. Por tal motivo se seleccionaron las variables temperatura media diurna y temperatura media nocturna en el cálculo del Índice Temperatura-Humedad (THI).

Análisis mediante el índice temperatura-humedad (THI).

Los resultados obtenidos en el análisis del THI decenal calculado a partir del promedio de los diez THI diarios de la decena en cuestión y el calculado a partir de las variables promedios de esa decena se muestran en la Tabla 4. El coeficiente de correlación para ambas zonas al comparar ambos THI fue igual a 1 por lo que se puede plantear que para esta región es válido el cálculo del THI decenal a partir de los valores de las variables decenales promedios. Todos los análisis realizados a partir de ahora emplearán el THI calculado a partir de las variables decenales promedios. En la Tabla 5 se relacionan los períodos de sensación térmica para el ganado vacuno obtenidos a partir del cálculo del THI.

Analizando los resultados obtenidos para el THI diurno (Figura 4-a) se aprecia que ambas localidades presentaron valores de este índice entre el rango de aceptable y peligro extremo. La zona B se mantiene en el rango de aceptable desde la segunda decena de diciembre hasta la segunda decena de febrero (siete decenas) mientras que la zona A sólo permanece la segunda y tercera decena de enero y la primera decena de febrero (tres decenas) en este rango. En la categoría de peligro extremo se presentan siete decenas en la zona A (desde la primera decena de julio hasta la primera decena de septiembre) y ocho decenas en la zona B (desde la tercera decena de junio hasta la primera decena de septiembre). En el rango de peligro se ubican trece decenas en la zona A (desde la tercera decena de abril hasta la tercera decena de junio y desde la segunda decena de septiembre hasta la primera decena de noviembre) y doce decenas en la zona B (desde la tercera decena de abril hasta la segunda decena de junio y desde la segunda decena de septiembre hasta la primera decena de noviembre). El resto de las decenas se ubican en el rango de alerta. Como se aprecia, de las treinta y seis decenas que presenta el año, se ubican entre la categoría de alerta a peligro extremo, treinta y tres decenas en la zona A y veinte y nueve decenas en la zona B y de ellas veinte se encuentran entre la

categoría de peligro a peligro extremo en ambas localidades, coincidiendo estas últimas con el período lluvioso. Esto indica que en ambas localidades, durante las horas diurnas los animales se encuentran en estrés térmico durante todo el año. Los mayores valores del THI diurno se presentan durante el período lluvioso en ambas zonas, con valores similares. Cuando se analiza el período poco lluvioso se aprecia que los animales en la zona B perciben una sensación térmica más confortable durante el día que los ubicados en la zona A, en esta época del año.

Los resultados obtenidos en el análisis del THI nocturno (Figura 4-b) muestran que para todo el año la zona A presenta valores de este índice entre el rango de normal a alerta mientras que la zona B presenta valores en los rangos normal y aceptable. En la zona A se ubican en la categoría de alerta trece decenas del año, desde la primera decena de junio hasta la primera decena de octubre. En la categoría de aceptable se presentan nueve decenas en la zona A (desde la tercera decena de abril hasta la tercera decena de mayo y desde la segunda decena de octubre hasta la tercera decena de noviembre) y diecinueve decenas en la zona B (desde la primera decena de mayo hasta la primera decena de noviembre); el resto de las decenas se encuentran en la categoría normal (catorce decenas en la zona A y diecisiete decenas en la zona B). Durante todo el año los valores de THI nocturno son menores en la zona B con respecto a la zona A. Esto se evidencia más en el período lluvioso ya que la zona A llega a alcanzar valores de alerta y la zona B se mantiene en la categoría de aceptable. Durante casi todo el período poco lluvioso, ambas localidades presentan los mismos rangos de sensación térmica.

El análisis del THI promedio del día (Figura 4-c) indica que para todo el año la zona A presenta valores de este índice entre el rango de normal a peligro mientras que la zona B presenta valores entre el rango de normal a alerta, es decir, nunca presenta valores de peligro. En la categoría de normal se ubican tres decenas en la zona A (desde la segunda decena de enero hasta la primera decena de febrero) y ocho decenas en la zona B (desde la segunda decena de diciembre hasta la tercera decena de febrero). En la categoría de aceptable se ubican en la zona A catorce decenas (desde la segunda decena de febrero hasta la tercera decena de abril y desde la segunda decena de noviembre hasta la primera decena de enero) y en la zona B once decenas (desde la primera decena de marzo hasta la tercera decena de abril y desde la tercera decena de octubre hasta la primera decena de diciembre). En la categoría de alerta se encuentran en la zona A diez decenas (desde la primera decena de mayo hasta la segunda decena de junio y desde la tercera decena de septiembre hasta la primera decena de noviembre) y en la zona B diecisiete decenas (desde la primera decena de mayo hasta la segunda decena de octubre). En la categoría de peligro se ubican nueve decenas en la zona A (desde la tercera decena de junio hasta la segunda decena de septiembre) y ninguna decena en la zona B.

El análisis del THI medio indica que durante todo el año la zona B presenta mejores condiciones de confort térmico que la zona A. Este mismo resultado se obtuvo con el análisis del THI diurno y nocturno, sin embargo, con estos se pudo determinar mejor el grado real de confort que presentan los animales durante todo el día debido a que puede existir el mismo valor de THI medio con diferentes amplitudes de este índice. De ahí lo novedoso de este trabajo al utilizar el THI diurno y nocturno como un indicador más real del confort térmico en el ganado vacuno.

En resumen, se obtuvo que en el período lluvioso durante las horas diurnas, los animales de ambas localidades perciben una sensación térmica desconfortable y semejante; sin embargo durante la noche, los animales ubicados en la zona B presentan mejores condiciones de recuperarse del estrés térmico diurno que los animales ubicados en la zona A. Durante el día en el período poco lluvioso, los animales de la zona A perciben una sensación térmica más desconfortable que los de la zona B y en las noches, ambas zonas presentan períodos de confort térmico semejantes; sin embargo, la zona B presenta menores valores de THI nocturno y por tanto, los animales ubicados en esta zona tienen mejores condiciones de recuperarse del estrés térmico diurno que los ubicados en la zona A.

Análisis combinado de la disponibilidad de pasto y el THI

En el climograma de la Figura 4-d se aprecia que en ambas localidades, durante el período poco lluvioso se presentan las mejores condiciones de confort térmico para el ganado vacuno pero los más bajos rendimientos de producción de biomasa neta; todo lo contrario sucede en el período lluvioso. Esto es un aspecto importante a señalar pues el ganado vacuno ubicado en la región de estudio presenta componentes genéticos de resistencia al desconfort térmico por lo que en ocasiones la producción de leche se ve más afectada por la falta de comida que por el estrés térmico. Además, es necesario considerar que las crías nacidas a principio del período poco lluvioso (invierno) tienen una mejor probabilidad de sobrevivir y desarrollarse adecuadamente que las nacidas a principios del período lluvioso (verano). Esto se debe a que cuando la vaca transita su período de gestación durante el verano tiene más disponibilidad de pasto en este período tan importante fisiológicamente y su cría, nacida en el período invernal, tiene condiciones más favorables de confort térmico, menos probabilidad de adquirir enfermedades parasitarias pues los acumulados de lluvia son menores y como se alimenta de leche en los primeros meses, no se verá afectada directamente por la baja disponibilidad de pasto en esa época.

En los meses de diciembre a febrero se presentan las menores diferencias entre las dos localidades al analizar simultáneamente la disponibilidad de pasto y el confort térmico. A partir de marzo aparecen diferencias en la disponibilidad de pasto entre ambas localidades, las cuales se mantienen hasta noviembre y se acentúan desde mayo hasta septiembre. En los meses de julio, agosto y septiembre se presentan las mayores diferencias de estos parámetros entre ambas localidades, con una diferencia de producción de biomasa neta ajustada para cada mes de 1543, 1248 y 864 kg/ha más en la zona B que en la A y valores de THI que ubican a la zona B en el rango de alerta y a la zona A en el rango de peligro.

En resumen, se aprecia que durante todo el año la zona B presenta mejores combinaciones de disponibilidad de pastos y confort térmico que la zona A, lo que ubica a la zona B dentro de la Empresa Pecuaria Bacuranao como la mejor localidad para la cría de ganado vacuno en cuanto a condiciones agroclimáticas.

Tabla 3. Períodos de confort térmico para el ganado vacuno obtenidos a partir de la clasificación de Kulikov v Rudnev (1980).

Ideal
 Favorable
 No totalmente favorable
 Desfavorable

Decenas	Zona A				Zona B			
	Tx	Td	Tn	Tnc	Tx	Td	Tn	Tnc
En 1D	26.6	24.8	19.1	21.0	26.5	24.2	17.3	19.6
En 2D	25.7	23.8	18.2	20.1	25.7	23.3	16.4	18.7
En 3D	26.0	24.1	18.5	20.4	26.0	23.7	16.7	19.0
Fb1D	26.0	24.0	18.2	20.1	26.1	23.7	16.5	18.9
Fb 2D	26.7	24.7	18.8	20.8	26.9	24.5	17.2	19.6
Fb 3D	26.9	24.9	18.9	20.9	27.2	24.7	17.2	19.7
Mz 1D	26.9	24.9	19.0	20.9	27.1	24.7	17.4	19.8
Mz 2D	27.2	25.2	19.3	21.2	27.6	25.1	17.8	20.3
Mz 3D	28.2	26.2	20.2	22.2	28.7	26.2	18.7	21.2
Ab 1D	28.5	26.5	20.4	22.4	29.4	26.8	19.0	21.6
Ab 2D	28.7	26.7	20.7	22.7	29.3	26.8	19.4	21.8
Ab 3D	29.3	27.3	21.1	23.2	30.3	27.7	20.0	22.6
My 1D	29.7	27.8	22.1	24.0	30.6	28.2	20.8	23.2
My 2D	30.0	28.2	22.7	24.5	31.0	28.6	21.2	23.6
My 3D	30.4	28.6	23.2	25.0	31.2	28.9	21.9	24.2
Jn 1D	30.7	28.9	23.7	25.4	31.4	29.2	22.6	24.8
Jn 2D	30.8	29.1	23.8	25.5	31.7	29.4	22.6	24.9
Jn 3D	31.2	29.4	24.0	25.8	32.1	29.7	22.7	25.0
Jl 1D	31.4	29.6	24.2	26.0	32.4	30.0	22.8	25.2
Jl 2D	31.6	29.7	24.3	26.1	32.3	29.9	22.6	25.0
Jl 3D	31.8	29.9	24.2	26.1	32.5	30.0	22.6	25.1
Ag 1D	31.9	30.0	24.2	26.1	32.6	30.1	22.6	25.1
Ag 2D	32.0	30.1	24.4	26.3	32.7	30.2	22.8	25.3
Ag 3D	32.0	30.1	24.3	26.3	32.3	29.9	22.6	25.0
Sp 1D	31.6	29.7	24.2	26.1	32.2	29.8	22.5	24.9
Sp 2D	31.1	29.3	24.0	25.8	31.6	29.3	22.4	24.7
Sp 3D	31.0	29.2	23.9	25.7	31.3	29.1	22.4	24.6
Oc 1D	30.4	28.8	23.8	25.5	30.8	28.6	22.2	24.4
Oc 2D	29.4	27.8	23.2	24.8	29.8	27.6	21.1	23.3
Oc 3D	29.1	27.5	22.7	24.3	29.3	27.1	20.5	22.7
Nv 1D	28.6	27.0	22.1	23.8	28.7	26.6	20.3	22.4
Nv 2D	27.9	26.4	21.6	23.2	28.1	26.0	19.7	21.8
Nv 3D	27.9	26.3	21.2	22.9	27.9	25.8	19.5	21.6
Dc 1D	27.1	25.5	20.6	22.2	27.1	25.0	18.5	20.7
Dc 2D	26.5	24.7	19.5	21.2	26.5	24.2	17.4	19.7
Dc 3D	26.3	24.6	19.4	21.1	26.3	24.1	17.4	19.6

Tabla 4. Valores decenales de THI diurno, nocturno y medio calculados a partir del promedio de los diez THI diarios de la decena en cuestión (THI 1) y a partir de las variables promedios de esa decena (THI 2) para las dos localidades de estudio.

Decenas	Zona A						Zona B					
	THI 1			THI 2			THI 1			THI 2		
	diurno	nocturno	medio									
Ene 1D	73.8	67.7	70.4	73.8	67.9	70.3	73.2	65.7	69.2	73.2	65.7	69.2
Ene 2D	72.5	66.3	69.2	72.6	66.6	69.2	72	64.4	68	72	64.3	68
Ene 3D	72.8	66.6	69.4	72.8	66.7	69.3	72.4	64.8	68.3	72.3	64.6	68.3
Feb 1D	72.7	66.2	69.2	72.7	66.4	69.2	72.3	64.4	68.2	72.3	64.4	68.1
Feb 2D	73.7	67.2	70.1	73.8	67.4	70.1	73.5	65.5	69.2	73.5	65.4	69.2
Feb 3D	73.8	67.1	70.1	73.9	67.4	70.1	73.6	65.4	69.3	73.6	65.4	69.3
Mar 1D	73.9	67.2	70.4	74	67.4	70.4	73.7	65.7	69.5	73.8	65.7	69.5
Mar 2D	74.2	67.5	70.5	74.2	67.7	70.5	74.2	66.1	69.8	74.2	66.1	69.8
Mar 3D	75.6	68.9	72	75.6	69.1	71.9	75.7	67.4	71.3	75.6	67.4	71.3
Abr 1D	75.9	69.1	72.3	76	69.5	72.3	76.5	67.9	71.8	76.4	67.9	71.8
Abr 2D	76.1	69.5	72.6	76.2	69.8	72.5	76.4	68.1	71.9	76.5	68.1	71.9
Abr 3D	77	70.1	73.4	77.1	70.6	73.4	77.7	69.1	73	77.6	69	73
May 1D	77.7	71.4	74.2	77.7	71.4	74.2	78.4	70.1	73.8	78.3	70.1	73.8
May 2D	78.3	72.2	74.9	78.3	72.2	74.9	79	70.8	74.4	79	70.7	74.4
May 3D	79	73.1	75.5	79	73	75.5	79.5	71.7	75	79.5	71.7	75
Jun 1D	79.6	73.8	76.2	79.6	73.8	76.2	80	72.7	75.7	79.9	72.6	75.7
Jun 2D	79.7	73.9	76.4	79.8	73.9	76.4	80.3	72.7	75.9	80.2	72.7	75.9
Jun 3D	80.2	74.3	76.7	80.2	74.3	76.7	80.7	72.9	76.1	80.7	72.9	76.1
Jul 1D	80.5	74.5	77.2	80.5	74.5	77.2	81	73	76.4	81	73	76.3
Jul 2D	80.6	74.6	77.2	80.6	74.6	77.2	80.9	72.9	76.2	80.9	72.8	76.2
Jul 3D	80.9	74.6	77.3	80.8	74.6	77.3	81.1	72.9	76.3	81	72.9	76.3
Ago 1D	80.9	74.6	77.3	80.9	74.6	77.4	81.2	72.9	76.3	81.2	73	76.3
Ago 2D	81.1	74.8	77.5	81	74.8	77.5	81.3	73.2	76.5	81.3	73.2	76.5
Ago 3D	81.1	74.8	77.2	81	74.7	77.2	80.9	73	76	80.9	72.9	76
Set 1D	80.7	74.6	77.1	80.7	74.6	77.1	80.8	72.8	76	80.7	72.8	75.9
Set 2D	80.2	74.3	76.6	80.2	74.3	76.6	80.2	72.7	75.5	80.2	72.7	75.5
Set 3D	80.1	74.2	76.4	80.1	74.2	76.4	79.9	72.6	75.4	79.8	72.6	75.4
Oct 1D	79.5	74	76.2	79.5	74	76.1	79.3	72.4	75.2	79.3	72.4	75.2
Oct 2D	78.1	73	75.1	78.1	73	75.1	78	70.9	74	78	70.9	74
Oct 3D	77.6	72.3	74.5	77.6	72.2	74.5	77.2	70	73.3	77.3	70	73.3
Nov 1D	77	71.6	73.9	77	71.6	73.8	76.5	69.6	72.8	76.6	69.6	72.8
Nov 2D	76.1	70.8	73	76	70.9	73	75.6	68.7	71.9	75.6	68.7	71.8
Nov 3D	76	70.4	72.7	75.9	70.5	72.7	75.5	68.5	73	75.4	68.4	73
Dic 1D	74.7	69.3	71.6	74.7	69.3	71.6	74.3	67.2	70.6	74.3	67.2	70.5
Dic 2D	73.6	67.8	70.4	73.7	67.9	70.4	73.2	65.7	69.1	73.2	65.7	69.1

Dic 3D	73.6	67.8	70.1	73.4	67.7	70.1	73	65.7	69.1	73.1	65.7	69.1
--------	------	------	------	------	------	------	----	------	------	------	------	------

Tabla 5. Períodos de sensación térmica para el ganado vacuno obtenidos a partir del cálculo del THI.

Normal
 Aceptable
 Alerta
 Peligro
 Peligro Extremo

Decena	THI Zona A			THI Zona B		
	diurno	nocturno	medio	diurno	nocturno	medio
Ene 1D	74	68	70	73	66	69
Ene 2D	72	66	69	72	64	68
Ene 3D	73	67	69	72	65	68
Feb 1D	73	66	69	72	64	68
Feb 2D	74	67	70	73	65	69
Feb 3D	74	67	70	74	65	69
Mar 1D	74	67	70	74	66	70
Mar 2D	74	68	71	74	66	70
Mar 3D	76	69	72	76	67	71
Abr 1D	76	69	72	76	68	72
Abr 2D	76	69	73	76	68	72
Abr 3D	77	70	73	78	69	73
May 1D	78	71	74	78	70	74
May 2D	78	72	75	79	71	74
May 3D	79	73	76	79	72	75
Jun 1D	80	74	76	80	73	76
Jun 2D	80	74	76	80	73	76
Jun 3D	80	74	77	81	73	76
Jul 1D	81	75	77	81	73	76
Jul 2D	81	75	77	81	73	76
Jul 3D	81	75	77	81	73	76
Ago 1D	81	75	77	81	73	76
Ago 2D	81	75	77	81	73	76
Ago 3D	81	75	77	81	73	76
Set 1D	81	75	77	81	73	76
Set 2D	80	74	77	80	73	76
Set 3D	80	74	76	80	73	75
Oct 1D	80	74	76	79	72	75
Oct 2D	78	73	75	78	71	74
Oct 3D	78	72	74	77	70	73
Nov 1D	77	72	74	77	70	73
Nov 2D	76	71	73	76	69	72
Nov 3D	76	70	73	75	69	73

Dic 1D	75	69	72	74	67	71
Dic 2D	74	68	70	73	66	69
Dic 3D	74	68	70	73	66	69

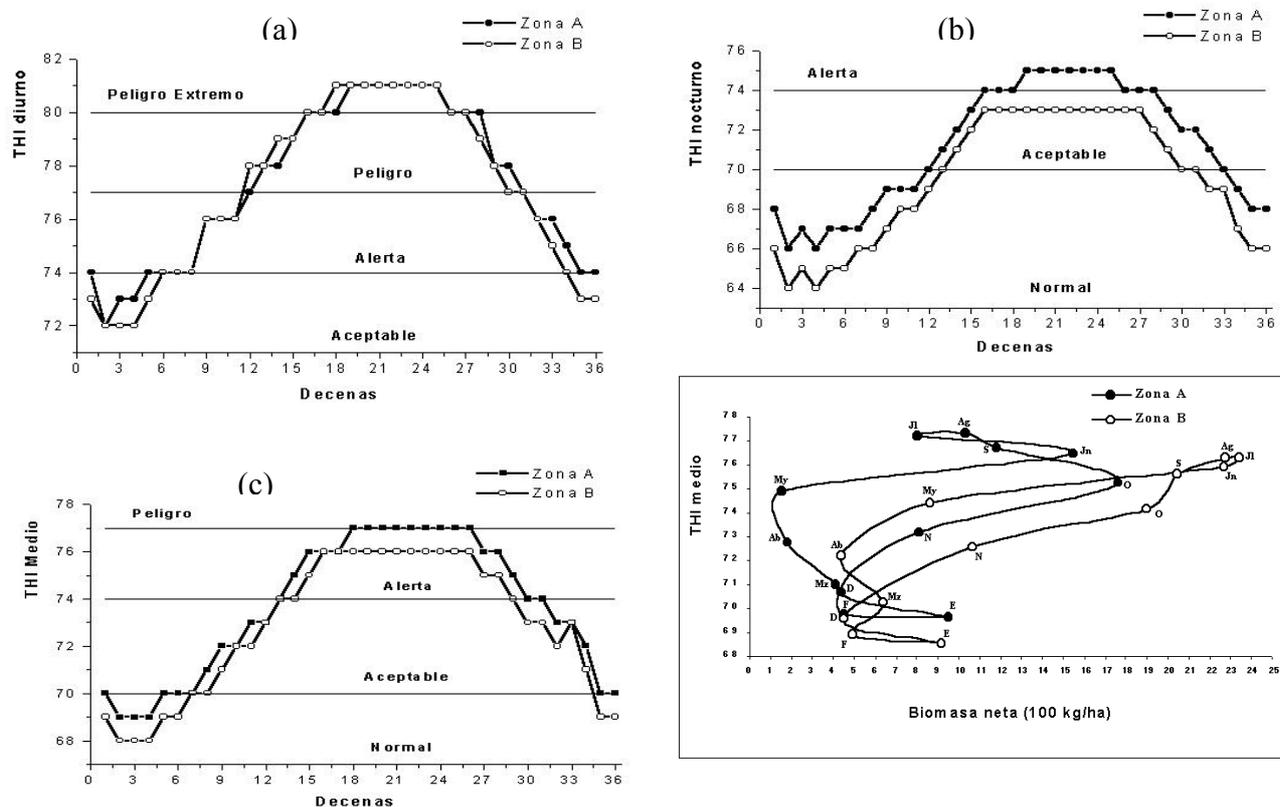


Figura 4. Distribución anual del THI en ambas localidades para el período 1979-2000 (a)diurno, (b) nocturno, (c) medio. Climograma de la biomasa neta ajustada y el THI medio para las dos localidades de estudio (d).

IV. Conclusiones

1-Se caracterizó climáticamente la región que comprende las dos zonas productivas de la Empresa Pecuaria Bacuranao a través del comportamiento histórico de la precipitación, la temperatura del aire, la humedad relativa del aire y la radiación para una serie histórica de 26 años (1975-2000).

2-Durante todo el año, la zona B presenta mejores combinaciones de disponibilidad de pastos y confort térmico que la zona A, lo que ubica a la zona B dentro de la Empresa Pecuaria Bacuranao como la mejor localidad para la cría de ganado vacuno en cuanto a condiciones agroclimáticas. Esto se evidenció porque:

-El período de crecimiento para los pastos, es menor en la zona A (doce decenas) al compararlo con la zona B (veinte decenas). En la zona A se extiende desde la primera decena de agosto hasta la tercera decena de noviembre y en la zona B desde la segunda decena de mayo hasta la tercera decena de noviembre.

-En la zona B, durante casi todo el año, los pastos vegetan en condiciones más favorables de humedad del suelo que en la zona A. En ambas localidades los pastos no vegetan ni en condiciones excesivamente húmedas ni severamente secas.

-Ambas localidades presentan valores de producción de biomasa neta potencial muy similares durante todo el año, pero cuando estos valores se ajustan tomando en consideración las disminuciones originadas por el estrés hídrico, se obtiene que durante todo el año la zona B presenta valores más altos de producción de biomasa neta ajustada que la zona A, por lo cual presenta mayor disponibilidad de pasto fundamentalmente en el período lluvioso.

-Durante las horas diurnas en el período lluvioso, los animales de ambas localidades perciben una sensación térmica desconfortable y semejante; sin embargo durante la noche, los animales ubicados en la zona B presentan mejores condiciones de recuperarse del estrés térmico diurno que los animales ubicados en la zona A.

-Durante el día, en el período poco lluvioso, los animales de la zona A perciben una sensación térmica más desconfortable que los de la zona B y en las noches, ambas zonas presentan períodos de confort térmico semejantes; sin embargo, la zona B presenta menores valores de THI nocturno y por tanto, los animales ubicados en esta zona tienen mejores condiciones de recuperarse del estrés térmico diurno que los ubicados en la zona A.

3-Para la región de estudio es válido el cálculo del THI decenal a partir de los valores de las variables decenales promedios. Se evidenció que el análisis del confort térmico utilizando el THI diurno y nocturno arroja resultados más reales que utilizando el THI medio. Además, se comprobó que es mejor utilizar las temperaturas medias diurnas y nocturnas en el cálculo del THI diurno y nocturno que las temperaturas máximas y mínimas, respectivamente.

V. Referencias bibliográficas

- 📖 Allen R.G., M. Smith, O. Raes and L.S. Pereira (1998). Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO No 56 irrigation and drainage paper. Italy. 300 p.
- 📖 FAO 48 (1981) Report on the Agro-ecological Zones Project. World Soil Resources Report 48. Methodology and Results for Africa, Vol. I.
- 📖 Kulicov V.A. y G.V. Rudnev (1980). Agrometeorología tropical. Editorial Científico-Técnica. La Habana. 255 pp.
- 📖 Marrero P., M. Herrera y O. Cruz (1988) Manual Teórico de Agrometeorología y Ecología. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. 401pp.
- 📖 Martelo M. T. (1997a). Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o). Cursillo Regional de Expertos (ARIII) sobre Técnicas Agrometeorológicas en la Agricultura Operativa de América Latina. Paipa, Colombia. 77-90 pp.
- 📖 Mejías E., R. Aroche, J. M. Hernández y N. Olazábal (2003). Evaluación de la temperatura del aire para el ganado vacuno lechero en Cuba. CD-ROOM. Memorias del X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología, II Congreso Cubano de Meteorología y II Simposium Internacional de Ciclones Tropicales. La Habana. 9 pp.
- 📖 Menéndez J. A., O. Solano y R. Vázquez (1999). Estimación de la Evapotranspiración de Referencia por el Método de Penman – Monteith. Memorias de la Convención Trópico' 99, en el Congreso de Meteorología Tropical. La Habana. Ref. MT 001, 5 pp.
- 📖 Nota Técnica N°191 (1989). Animal Health and Production at Extremes of Weather. Report of the CagM Working Groups on Weather and Animal Disease and Weather and Animal Health. WMO. 181 pp.
- 📖 Solano O., R. Vázquez, E. Pérez y M. Figueredo (2003). La Vigilancia de las Condiciones Agrometeorológicas de Peligro de Incendios en la Vegetación. CD-

ROOM. Memorias del X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología, II Congreso Cubano de Meteorología y II Simposium Internacional de Ciclones Tropicales. La Habana. 10 pp.

- 📖 Solano O., R. Vázquez y J. A. Menéndez (2001). El índice de humedecimiento modificado y su aplicación en el servicio de vigilancia y emisión de avisos tempranos de alerta para los agricultores cubanos. XI Congreso Nacional de la Organización Mexicana de Meteorólogos.
- 📖 Went F. W. (1957). Experimental Control of Plant Growth. Chronica Botanica, Waltham, Mass. 125pp.