

CÁLCULO DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE EN DIFERENTES HORARIOS, EN DOS LOCALIDADES CAFETERAS COLOMBIANAS

Orlando Guzmán-Martínez*; John Jairo Ramírez-Gaviria**

RESUMEN

GUZMÁN M., O.; RAMÍREZ G., J.J. Cálculo de la humedad relativa del aire en diferentes horarios, en dos localidades cafeteras colombianas. Cenicafé 58(1):7-19. 2007.

Para identificar las diferencias entre el horario de observación de la humedad relativa media del aire (07:00+13:00+19:00)/3 y el empleado antes de 1970 (07:00+14:00+20:00)/3, se analizó la información obtenida en las estaciones climáticas automáticas de Cenicafé (Chinchiná, Caldas) y El Rosario (Venecia, Antioquia). Se calcularon las humedades de referencia media diaria (24 horas), diurna y nocturna medias (12 horas), y se compararon con las obtenidas por medio de diferentes combinaciones de horas y en horas individuales. Para la estimación de la humedad relativa no hubo diferencia entre el horario anterior y el actual, y éstos mostraron diferencias relativas medias del 3% con respecto a la humedad patrón. La mejor combinación para la humedad relativa diurna correspondió a (08:00+13:00+17:00)/3. La humedad relativa nocturna se estimó a través de la combinación (20:00+01:00+05:00)/3, pero para las humedades relativas medias diaria y diurna ninguna de las horas evaluadas proporcionó una medida adecuada. A las 24:00 horas se obtuvo la mayor precisión para la valoración de la humedad relativa media nocturna. La hora de mayor humedad relativa mínima se tuvo entre las 05:00 y 06:00 y para la humedad máxima entre las 15:00 y 16:00.

Palabras clave: Zona cafetera, estación meteorológica automática, humedad relativa media diaria, humedad diurna, humedad nocturna.

ABSTRACT

In order to identify the differences between the schedule of observation of the air relative humidity (07:00+13:00+19:00)/3 and the one used before 1970 (07:00+14:00+20:00)/3, the information obtained in the automatic climatic stations at Cenicafé (Chinchiná, Caldas) and at El Rosario (Venecia, Antioquia) was analyzed. The daily mean reference humidities (24 hours) as well as the mean day and night reference humidities (12 hours) were calculated and compared to the ones obtained through different combinations of hours and in individual hours. There was not any difference between the previous schedule and the current one for the relative humidity estimation, but they exhibited mean relative differences of 3% with respect to the pattern humidity. The best combination for the daily relative humidity corresponded to (08:00+13:00+17:00)/3. The night relative humidity was estimated through the combination (20:00+01:00+05:00)/3, but for the mean daily and day relative humidities none of the evaluated hours bestowed an adequate measurement. After 24:00 hours the highest precision for the estimate of the mean night relative humidity was obtained. The hour of the highest minimum relative humidity was between 05:00 and 06:00 and for the maximum humidity it was between 15:00 and 16:00.

Keywords: Coffee zones, automatic meteorological station, mean daily relative humidity, day humidity, night humidity.

* Investigador Científico I. Agroclimatología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Auxiliar III de Investigación. Sistemas, hasta julio de 2001. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

A partir de la creación de la Organización Meteorológica Mundial – OMM, en el año de 1951, se establecieron las bases para garantizar la integridad y la homogeneidad de los registros climáticos en las diferentes redes climatológicas del mundo, mediante la unificación de los métodos de observación, la exposición de los aparatos, el mantenimiento y la calibración del instrumental meteorológico (1). Sin embargo, muchas series de datos climáticos anteriores han tenido que ser examinadas y ajustadas para hacerlas homogéneas y compatibles con los registros actuales. Aún después de la normalización de los aspectos antes anotados, es posible encontrar heterogeneidad en las series de datos más recientes debido particularmente a falta de calibración del instrumental, al cambio de instrumentos y de los observadores, a los abrigos meteorológicos, al sitio, al horario de observaciones y a la urbanización de los alrededores (6, 10, 11). Las propiedades estadísticas de las series climatológicas se conservan solamente a través de su homogeneidad, de tal forma que allí estén incluidas únicamente las variaciones del tiempo y del clima (2).

En los servicios meteorológicos usados en el pasado se emplearon horarios de observaciones diferentes a los actuales, por tanto es conveniente revisarlos con el fin de encontrar la heterogeneidad introducida, para adelantar las correcciones requeridas. Esto es más necesario si se van a efectuar estudios sobre el cambio climático (9, 13), en los cuales se busca identificar si las condiciones presentes se han modificado por cambios atribuibles a las variables del clima y no por otras razones.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar varios horarios de medición para estimar la humedad relativa media del aire, y se incluyeron el horario actual (07:00+13:00+19:00/3) y el usado hasta 1970 (7:00+14:00+20:00/3), para conocer, de

una parte si existe una combinación de horas que dé una estimación más precisa y de la otra, si el cambio anotado ha introducido heterogeneidad en la series del Servicio Meteorológico de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - FNC. Igualmente, se estudiaron diferentes combinaciones horarias para estimar las humedades relativas medias diarias diurna y nocturna, así como horas individuales en el cálculo de estas dos últimas variables y la humedad relativa media diaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. Para el estudio se tomó la información de:

La estación climatológica principal El Rosario, que se encuentra ubicada en la Subestación Experimental El Rosario, en el municipio de Venecia (Antioquia), perteneciente al ecotopo 203A, con coordenadas geográficas 05° 58' de latitud Norte, 75° 43' de longitud Oeste y una altitud de 1.635m.

La estación climatológica principal Cenicafé, ubicada en la sede de Cenicafé Planalto, en el municipio de Manizales (Caldas), localizada en el ecotopo 206A, a 5° 00' de latitud Norte, 75° 36' de longitud Oeste y una altitud de 1.310m.

Los dos sitios forman parte de la red meteorológica de Federacafé (4), y sus principales características climáticas se resumen en la Tabla 1 (3).

Instrumental e información utilizados. Dentro de los campos de las estaciones climatológicas convencionales Cenicafé y El Rosario se instalaron dos estaciones meteorológicas automáticas Adlas.

Para la medición de la humedad relativa del aire se utilizó un sensor compuesto por un

Tabla 1. Promedios históricos anuales de algunas variables climáticas en las estaciones climatológicas Cenicafé (1957-1993) y El Rosario (1967-1993).

Estación climática	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)	Brillo solar (horas)
	Media	Mínima	Máxima			
Cenicafé	21,0	16,7	27,5	77	2.510	1.842
El Rosario	20,1	15,8	24,7	74	2.504	2.090

haz de cabellos tipo Pernix con precisión de 2,5% (8). Éste está protegido de la radiación solar y la lluvia con un abrigo de aluminio anodizado, que permite una ventilación adecuada, y se expuso en un mástil a una altura de 2 metros recomendada por la OMM (14). La información se archivó a través de un almacenador de datos en una tarjeta con capacidad de 256 KB (7).

El equipo se programó para leer los sensores cada minuto y luego hacer un consolidado horario. Como fuente de energía se utilizó una batería de 12V acoplada a un panel solar (12), para asegurar medidas completas y confiables. Los datos se registraron desde enero de 1994 hasta diciembre de 1995 y la pérdida de información fue mínima.

Análisis. Los datos obtenidos en las estaciones automáticas se verificaron teniendo como base aquellos registrados en sus respectivas estaciones convencionales.

Los patrones para la humedad relativa media diaria en Cenicafé y El Rosario, para cada uno de los meses, se estimaron a partir de los datos horarios de las 24:00 a las 24:00 horas del día siguiente (durante 24 horas) (parámetro) y se compararon con la calculada a través de las siguientes agrupaciones de horas. Los patrones evaluados fueron:

$(7+13+18)/3$, $(7+13+18+18)/4$, $(7+13+19)/3$ (horario actual de FNC), $(7+13+19+19)/4$,

$(7+14+20)/3$ (horario hasta 1970), $(7+14+20+20)/4$, $(8+14+17)/3$, $(8+14+20)/3$, $(8+14+20+20)/4$, $(9+13+18)/3$, $(9+14+17)/3$, $(9+14+18)/3$ y (mínima + máxima) 2.

Se derivaron las humedades relativas medias diaria diurna (6:00 - 18:00 horas) y diaria nocturna (18:00 - 06:00 horas) para compararlas con las obtenidas de las agrupaciones de horas que se detallan a continuación.

Humedad relativa diurna

$(7+12+18)/3$, $(7+14+18)/3$, $(8+13+17)/3$, $(8+13+18)/3$, $(8+14+17)/3$, $(9+13+17)/3$, $(9+13+18)/3$, $(9+14+17)/3$, $(9+14+18)/3$, $(10+13+18)/3$, $(10+14+17)/3$, $(10+14+18)/3$ y (mínima+máxima)/2.

Humedad relativa nocturna

$(19+24+6)/3$, $(20+1+5)/3$, $(20+1+6)/3$, $(21+1+5)/3$, $(21+1+6)/3$, $(21+2+6)/3$, $(22+1+5)/3$, $(22+1+6)/3$ y (mínima+máxima)/2.

Por último, se seleccionaron varias horas individuales para tener una aproximación de la humedad relativa media (08:00, 09:00, 10:00, 11:00 y 12:00 horas), y la humedad relativa media diurna (09:00, 10:00, 11:00 y 12:00 horas) y nocturna (19:00, 23:00, 24:00, 01:00 y 02:00 horas).

Para evaluar la precisión en la estimación de los horarios propuestos con respecto al patrón se tomaron las diferencias absolutas relativas, el promedio y su intervalo con un coeficiente de confianza del 95%. Para la selección del horario con menor error se utilizó la prueba de t al 5%.

Con el fin de tener una herramienta estadística con la cual se obtuviera la estimación del patrón a partir de los horarios propuestos, se estableció una relación lineal simple entre la humedad relativa dada por el patrón (Y) y la calculada con el horario escogido (X). Se seleccionaron aquellas que cumplieron los siguientes criterios:

- Coeficiente de regresión estadísticamente diferente de cero, según prueba de t al 5%.
- Coeficiente de determinación mayor del 80%.
- Coeficiente de regresión estadísticamente igual a uno, según prueba de t al 5%.
- Menor error de estimación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad relativa diaria. En la Figura 1 se ilustran las diferencias relativas medias de la humedad relativa de las 24 horas con respecto a los diferentes horarios. En la Tabla 2 se muestran los coeficientes de regresión para la estimación de la humedad relativa media diaria en función de la obtenida con los horarios seleccionados.

Los horarios que presentan las menores diferencias con el patrón son $(7+13+18)/3$, $(7+13+19+19)/4$ y $(7+14+20+20)/4$, con valores entre 2,3 y 2,6% y un 95% de probabilidad. Cabe anotar que los dos últimos horarios coinciden con los horarios actual y anterior que se han utilizado para el cálculo de la temperatura media.

Estos horarios tienen una estrecha relación con la humedad relativa patrón y pueden usarse para su estimación, debido a que poseen un coeficiente de determinación estadísticamente significativo (alrededor del 90%) y errores medios bajos.

Figura 1. Diferencias relativas medias de la humedad relativa media diaria estimada con respecto a los horarios evaluados y sus intervalos de confianza (%).

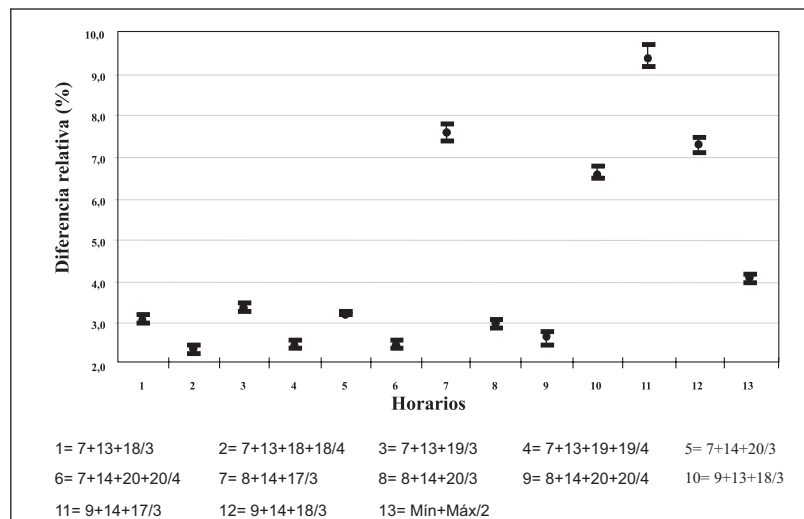


Tabla 2. Coeficiente de regresión para la asociación entre el parámetro y la estimación de la humedad relativa media diaria obtenida con los horarios seleccionados.

Horario	Coeficiente regresión (B)		t calculado Ho: B = 1	Coeficiente Determinación	Error Estimación
	Estimación	Error			
7+13+18/3	0,843	0,008	-19,264	0,886	2,4032
7+13+18+18/4	0,822	0,008	-22,136	0,883	2,4312
7+13+19/3	0,770	0,008	-27,733	0,861	2,6541
7+13+19+19/4	0,865	0,008	-16,059	0,884	2,4216
7+14+20/3	0,743	0,009	-29,323	0,838	2,8619
7+14+20+20/4	0,793	0,009	-23,895	0,858	2,6778
8+14+17/3	0,695	0,008	-36,361	0,832	2,9156
8+14+20/3	0,825	0,007	-23,691	0,900	2,2501
8+14+20+20/4	0,773	0,008	-29,115	0,876	2,5047
9+13+18/3	0,725	0,008	-34,868	0,858	2,6751
9+14+17/3	0,646	0,008	-41,996	0,809	3,1116
9+14+18/3	0,692	0,007	-41,449	0,862	2,6430
Mín+Máx/2	1,026	0,011	2,276	0,852	2,7335

Igualmente, se destacan las combinaciones (7+13+19)/3, (7+14+20)/3, (7+13+18+18)/4, (8+14+20)/3 y (8+14+20+20)/4, las cuales muestran diferencias que varían entre 2,6 y 3,5%. Estos horarios son aceptables si se tiene en cuenta que en la práctica para la estimación de la humedad relativa pueden admitirse errores hasta del 5% (14). Estas combinaciones horarias también tienen coeficientes de determinación significativos por encima del 80%, con promedios de error bajos.

El horario (7+14+20)/3 corresponde a la combinación usada por la FNC antes de 1970, y no mostró una diferencia apreciable con el horario actual (7+13+19)/3, por tanto, no es necesario hacerle alguna corrección. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por Eslava (5) en la estación meteorológica del Observatorio Meteorológico Nacional en Santafé de Bogotá, para el período de 1941-1960.

Con los demás horarios empleados se observan desviaciones por encima de un 3%, especialmente con aquellos que incluyen en su cálculo las 09:00 horas.

Las diferentes fórmulas empleadas se caracterizan por la subestimación de la humedad relativa con respecto a la calculada a través del promedio de las 24 horas.

Humedad relativa diurna. En la Figura 2 se indican las diferencias relativas medias y las estimaciones de la humedad relativa media diurna (06:00-18:00 horas) en relación con los horarios escogidos, y en la Tabla 3 se muestra la descripción de las correlaciones efectuadas.

El mejor horario para estimar la humedad relativa media es el (8+13+17)/3, debido a que registra desviaciones entre 1,5 y 1,7%, con una confiabilidad del 95%. Este horario se correlaciona estrechamente con

el patrón de humedad, y se pueden realizar estimaciones de ésta puesto que el coeficiente de determinación es de 94% y los errores medios son bajos.

Otros horarios alternativos son $(8+14+17)/3$, $(9+13+18)/3$, $(9+14+18)/3$ y $(10+13+18)/3$,

con diferencias relativas bajas, entre 1,8 y 2,1%, en un 95% del tiempo. Éstos permiten estimaciones de la humedad de referencia con buena precisión, con coeficientes de determinación significativos (cercaos al 90%) y errores medios bajos (1,8 a 2,2%).

Figura 2. Diferencias relativas medias de la humedad relativa media diaria estimada con respecto a los horarios evaluados y sus intervalos de confianza (%).

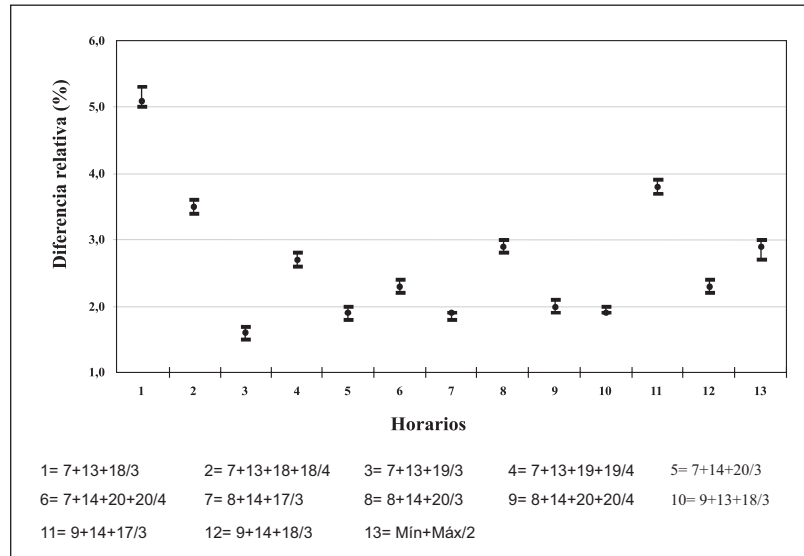


Tabla 3. Coeficiente de regresión para la asociación entre el parámetro y la estimación de la humedad relativa media diaria obtenida con los horarios evaluados.

Horario	Coeficiente regresión (B)		t calculado Ho: B = 1	Coeficiente Determinación	Error estimación
	Estimación	Error			
7+12+18/3	1,032	0,010	3,114	0,876	3,0111
7+14+18/3	0,946	0,009	-5,819	0,882	2,9432
8+13+17/3	0,942	0,006	-9,416	0,945	2,0115
8+13+18/3	0,958	0,008	-5,257	0,914	2,5125
8+14+17/3	0,890	0,006	-18,222	0,940	2,0983
9+13+17/3	0,888	0,005	-21,307	0,953	1,8534
9+13+18/3	0,910	0,007	-13,743	0,933	2,2256
9+14+17/3	0,844	0,005	-30,543	0,951	1,8892
9+14+18/3	0,869	0,006	-21,733	0,937	2,1436
10+13+18/3	0,903	0,006	-15,307	0,936	2,1754
10+14+17/3	0,833	0,005	-32,176	0,949	1,9302
10+14+18/3	0,862	0,006	-23,525	0,940	2,0968
Mín+Máx/2	1,203	0,011	18,955	0,901	2,6926

Humedad relativa nocturna. En la Figura 3 se observan las diferencias relativas medias de la humedad relativa nocturna (18:00-06:00 horas) con respecto a los horarios seleccionados, y en la Tabla 4 se encuentran los coeficientes de regresión para estos horario.

Todas las combinaciones empleadas poseen desviaciones relativas bajas, que fluctúan entre 1,1 y 2,0%, con una probabilidad del 95%; estos horarios pueden usarse para

el cálculo del patrón de humedad. Sin embargo, se debe preferir la combinación (20+01+05)/3, que tiene las diferencias de 1,0 a 1,1%, en un 95% de los casos. La asociación de este horario con la humedad de referencia es estrecha, con un coeficiente de determinación de 96%.

Los ajustes de las fórmulas que calculan la humedad relativa nocturna son mejores en relación con los correspondientes a las

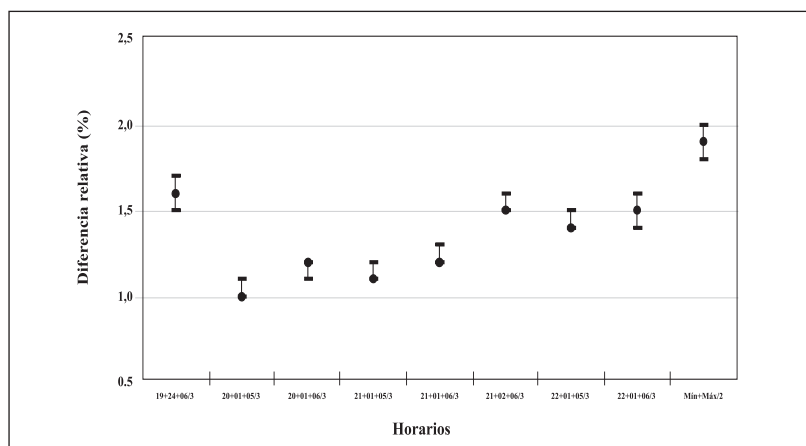


Figura 3. Diferencias relativas medias de la humedad relativa media nocturna estimada con respecto a los horarios evaluados y sus intervalos de confianza (%).

Tabla 4. Coeficiente de regresión para la asociación entre el parámetro y la estimación de la humedad relativa media nocturna obtenida con los horarios seleccionados.

Horario	Coeficiente regresión (B)		t calculado Ho: B = 1	Coeficiente Determinación	Error Estimación
	Estimación	Error			
19+24+06/3	0,935	0,006	-10,184	0,939	1,8418
20+01+05/3	0,981	0,005	-3,732	0,963	1,4279
20+01+06/3	0,987	0,006	-2,278	0,957	1,5445
21+01+05/3	0,995	0,005	-1,046	0,969	1,3062
21+01+06/3	1,003	0,005	0,615	0,965	1,4039
21+02+06/3	1,036	0,006	6,267	0,960	1,5009
22+01+05/3	1,013	0,006	2,189	0,958	1,5348
22+01+06/3	1,024	0,006	3,951	0,955	1,5802
Min+Máx/2	0,942	0,007	-7,823	0,922	2,0806

variables diurnas, porque durante la noche no llega radiación solar y las condiciones son más estables y se mantienen hasta la mañana siguiente.

Estimación de la humedad relativa con base en la medición en una sola hora

Humedad relativa media. En la Figura 4 se observan las diferencias relativas del patrón de humedad relativa (media de 24 horas), en comparación con los horarios seleccionados. En la Tabla 5 se muestran las correlaciones efectuadas.

Ninguna de las horas evaluadas individualmente proporcionan una medida adecuada del patrón de humedad, debido a que las desviaciones están por encima de los valores permitidos y los coeficientes de determinación no explican la asociación entre ellas, en más del 50%. Debe resaltarse que todos los horarios subestiman estadísticamente la humedad relativa.

En el horario 09:00 horas, se registran desviaciones entre 8,0 y 8,7% (al 95%), con errores medios altos, y sólo permite tener alguna ligera aproximación al valor

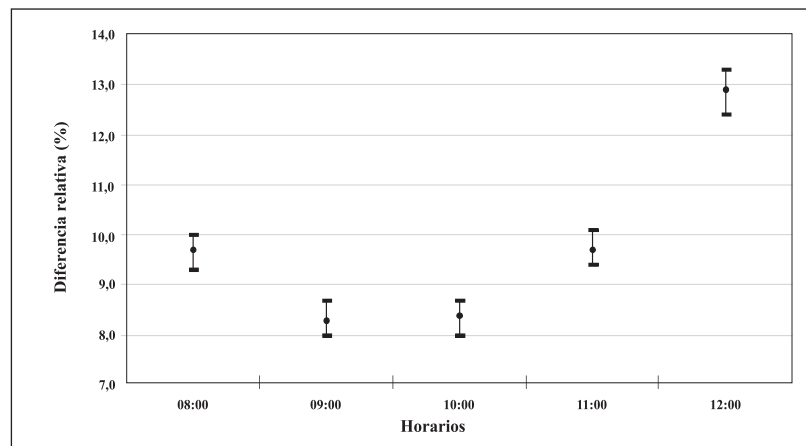


Figura 4. Diferencias relativas medias de la humedad relativa media diaria estimada con respecto a los horarios evaluados y sus intervalos de confianza (%).

Tabla 5. Estimación de la humedad relativa media diaria en función de la obtenida con las horas individuales seleccionadas.

Horario	Coeficiente regresión (B)		t calculado Ho: B = 1	Coeficiente Determinación	Error estimación
	Estimación	Error			
08:00	0,629	0,018	-20,626	0,469	5,1816
09:00	0,535	0,015	-31,574	0,488	5,0899
10:00	0,524	0,015	-31,549	0,466	5,1978
11:00	0,528	0,015	-32,199	0,483	5,1117
12:00	0,517	0,014	-35,747	0,514	4,9582

real. Las horas de la tarde (13:00 a 18:00 horas) tampoco son indicadores apropiados, puesto que sus valores son superiores a los registrados en la jornada diurna (06:00 - 12:00 horas).

Humedad relativa diurna y nocturna. En la Figura 5 se muestran las diferencias relativas medias, con sus correspondientes límites de confianza, del patrón de humedad relativa (06:00 a 18:00 horas) en relación con las distintas horas seleccionadas, y en la Tabla 6 se muestra la estadística respectiva.

Como en el caso anterior todas las horas muestran desviaciones relativas mayores que las aceptadas para la estimación de esta

variable, y solamente las 11:00 horas pueden dar una primera aproximación a la humedad de referencia.

En la Figura 6 se ilustran las diferencias relativas medias de la humedad relativa de referencia (18:00 a 06:00 horas) con respecto a las horas seleccionadas, y en la Tabla 7 se presenta la estadística derivada.

La mejor estimación de la humedad relativa media nocturna se obtiene a las 24:00, con desviaciones relativas entre 2,7 y 3,0%, en el 95% de los casos. La ecuación para estimar la humedad patrón muestra un coeficiente de determinación significativo, por encima del 80% y errores medios bajos.

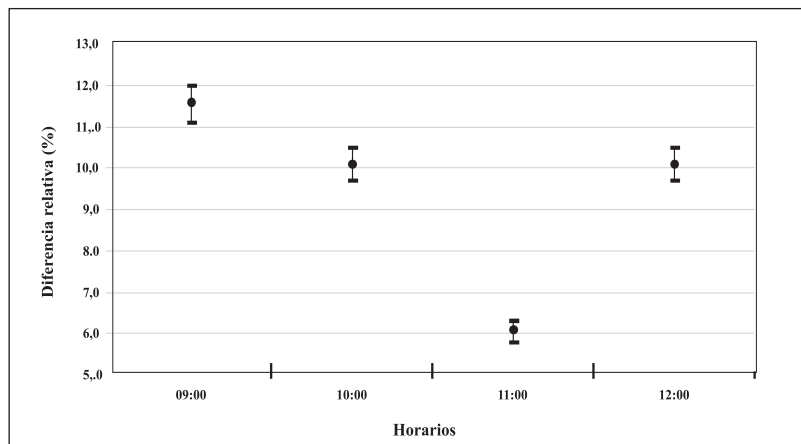


Figura 5. Diferencias relativas medias de la humedad relativa media diurna estimada con respecto a los horarios evaluados y sus intervalos de confianza (%).

Tabla 6. Estimación de la humedad relativa media diurna en función de la humedad relativa obtenida con las horas individuales seleccionadas.

Horario	Coeficiente regresión (B)		t calculado Ho: B = 1	Coeficiente Determinación	Error Estimación
	Estimación	Error			
09:00	0,691	0,016	-18,803	0,561	5,6773
10:00	0,724	0,015	-17,813	0,612	5,3335
11:00	0,746	0,014	-17,860	0,664	4,9671
12:00	0,727	0,013	-21,347	0,700	4,6942

Otra hora aceptable para la evaluación de esta variable son las 23:00 horas. Cabe destacar la estabilidad de las condiciones nocturnas, que permiten que con estas dos horas se logre precisión, en cierta medida, comparable a la obtenida con un mayor número de horas.

En las horas restantes (19:00, 01:00 y 02:00) se registran altas diferencias, que no permiten ser recomendadas para la estimación de la humedad relativa media diaria nocturna.

Humedad relativa extrema. También se estudió la hora en la cual se registraron

las humedades relativa mínima y máxima absolutas (Tabla 8).

La humedad relativa mínima se registró con mayor frecuencia en el mismo horario que la temperatura máxima, o sea de las 15:00 a las 16:00 horas, debido a la relación inversa que existe entre estas dos variables. Se observa que a pesar que la humedad relativa media mantiene valores elevados en estos horarios (alrededor de 80%), durante el transcurso del día en las horas anotadas alcanza cifras bajas puntuales, entre 20 y 30%.

La humedad relativa máxima invariablemente llega al punto de saturación (>95%) entre las

Figura 6. Diferencias relativas medias de la humedad relativa media nocturna estimada con respecto a los horarios evaluados y sus intervalos de confianza (%).

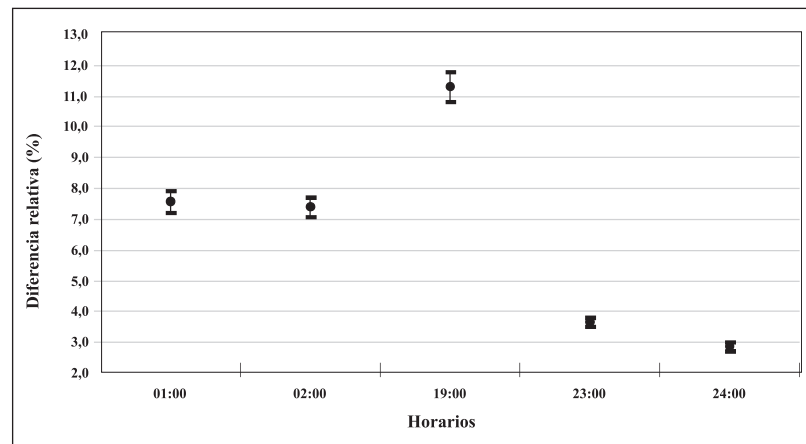


Tabla 7. Estimación de la humedad relativa media nocturna en función de la humedad relativa obtenida con las horas individuales seleccionadas.

Horario	Coeficiente regresión (B)		t calculado Ho: B = 1	Coeficiente Determinación	Error Estimación
	Estimación	Error			
01:00	0,493	0,020	-25,638	0,309	6,1967
02:00	0,602	0,023	-17,174	0,327	6,1132
19:00	0,521	0,009	-54,445	0,716	3,9692
23:00	0,747	0,008	-33,065	0,873	2,6551
24:00	0,820	0,009	-20,555	0,864	2,7522

Tabla 8. Hora de ocurrencia de la humedad relativa mínima y máxima absolutas en las estaciones Cenicafé y El Rosario (1994 - 1995).

Año	Mes	Cenicafé		El Rosario	
		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1994	1	15:00	05:00	17:00	06:00
1995	1	14:00	03:00	17:00	06:00
1994	2	15:00	05:00	15:00	06:00
1995	2	16:00	05:00	15:00	00:00
1994	3	15:00	03:00	16:00	05:00
1995	3	16:00	02:00	16:00	05:00
1994	4	15:00	05:00	17:00	02:00
1995	4	15:00	06:00	16:00	06:00
1994	5	15:00	07:00	16:00	05:00
1995	5	16:00	02:00	17:00	05:00
1994	6	13:00	05:00	15:00	03:00
1995	6	16:00	06:00	15:00	06:00
1994	7	17:00	05:00	16:00	05:00
1995	7	16:00	04:00	20:00	04:00
1994	8	15:00	05:00	15:00	00:00
1995	8	15:00	06:00	15:00	05:00
1994	9	15:00	06:00	22:00	06:00
1995	9	15:00	01:00	15:00	05:00
1994	10	15:00	00:00	16:00	05:00
1995	10	15:00	05:00	16:00	05:00
1994	11	16:00	05:00	16:00	06:00
1995	11	15:00	06:00	16:00	07:00
1994	12	16:00	05:00	16:00	20:00
1995	12	14:00	05:00	16:00	06:00

05:00 y 06:00 horas, pero este fenómeno también ocurre con alguna frecuencia después de la medianoche. Estas horas no mostraron diferencia significativa cuando se compararon con aquellas de la estación convencional.

Diferencias entre las humedades relativas medias diurnas y nocturnas. En la Tabla 9 se resumen las diferencias entre la humedad relativa media diaria y las humedades diurnas y nocturnas en Cenicafé y El Rosario.

La humedad relativa diurna en Cenicafé es menor que la media en aproximadamente 9%, con variaciones menores del 3% entre los meses evaluados. En El Rosario las diferencias son más bajas y están alrededor de 5%. Por su parte, la humedad relativa nocturna es mayor que la humedad relativa media con valores cercanos al 9% en Cenicafé y al 5% en El Rosario.

La humedad relativa nocturna es notablemente mayor que la diurna, y en Cenicafé es cercana al 18%, mientras que en El Rosario está alrededor del 10%. Estas diferencias se deben a que en buena parte de la noche la humedad está cerca a la saturación (>95%).

De acuerdo con los resultados antes expuestos se puede destacar que:

- El horario anterior a 1970 $(07:00+14:00+20:00)/3$ y el actual $(07:00+13:00+19:00)/3$ para el cálculo de la humedad relativa media diaria dieron resultados similares en relación con la humedad relativa patrón (media de 24:00 a 24:00 horas). Lo cual indica que no se requieren ajustes a los registros anteriores a ese año.

Tabla 9. Diferencias entre la humedad relativa media diaria (24:00-24:00 horas) y las medias diurnas (06:00-18:00 horas) y nocturnas (18:00-06:00 horas) en Cenicafé y El Rosario (1994 - 1995).

Meses	Cenicafé			El Rosario		
	HRm-HRd	HRm-HRn	HRd-HRn	HRm-HRd	HRm-HRn	HRd-HRn
Enero	9,1	-9,0	-18,1	4,3	-4,2	-8,5
Febrero	8,8	-8,6	-17,4	5,8	-5,7	-11,5
Marzo	9,0	-9,1	-18,0	5,4	-5,4	-10,8
Abril	8,4	-8,4	-16,9	5,2	-5,3	-10,6
Mayo	7,2	-7,0	-14,2	5,0	-4,9	-9,9
Junio	8,2	-8,2	-16,3	5,6	-5,7	-11,4
Julio	8,4	-8,3	-16,7	4,4	-4,2	-8,6
Agosto	8,8	-8,8	-17,5	4,6	-4,4	-9,0
Septiembre	9,3	-9,4	-18,6	4,8	-5,0	-9,8
Octubre	9,4	-9,5	-19,0	5,0	-4,8	-9,8
Noviembre	9,4	-9,2	-18,6	4,7	-4,6	-9,2
Diciembre	9,8	-9,7	-19,5	5,3	-5,4	-10,8
Anual	8,8	-8,8	-17,5	5,0	-5,0	-10,0

HRm: Humedad relativa media diaria (%); HRd: Humedad relativa diurna (%); HRn: Humedad relativa nocturna (%)

- La humedad relativa media diurna puede estimarse con buena precisión empleando el horario de (08:00+13:00+17:00)/3. Las diferencias con el patrón de la humedad relativa (media de 12 horas) son de 2% aproximadamente.

- La humedad relativa media nocturna se calcula con alta precisión por medio de la combinación (20:00+01:00+05:00)/3. Las desviaciones en comparación con la humedad relativa de referencia (promedio de 18:00 a 06:00 horas) llegan alrededor de 1%.

- El cálculo de la humedad relativa media diaria basado solamente en una hora mostró que todas las horas escogidas proporcionan diferencias grandes por encima del rango que es de 5% y se puede tomar solo como una aproximación al valor real.

- Con la humedad relativa media diurna se encontró una situación parecida a la anterior, mientras que en el caso de la

humedad relativa media nocturna las 24:00 horas permiten una buena aproximación al valor real, con desviaciones relativas por debajo del 4%, situación que se debe a la mayor estabilidad de las condiciones térmicas durante la noche.

- La humedad relativa mínima absoluta coincide con el horario de la temperatura máxima absoluta (debido a su relación inversa), de las 15:00 a las 16:00 horas, mientras que la temperatura máxima absoluta se registra entre las 05:00 y 06:00 horas. Éstas fueron consistentes con las registradas en la estación meteorológica convencional.

- La humedad relativa media en la jornada diurna es inferior a la media diaria entre un 5 y un 9%, mientras que esta última lo es también en cifras similares con la humedad relativa nocturna. La humedad relativa diurna está por debajo de la nocturna entre 10 y 18%.

LITERATURA CITADA

1. AYOADE, J.O. Introduction to climatology for the tropics. New York, John Wiley and Sons, 1983. 258 p.
2. CONRAD, V.; POLLAK, L.W. Methods in climatology. Cambridge, Harvard University Press, 1962. 459 p.
3. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Disciplina de Agroclimatología. Archivos meteorológicos de 1951 a 1997. Chinchiná, Cenicafé, 1997.
4. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Anuario meteorológico 1990. Chinchiná, Cenicafé, 1992. 354 p.
5. ESLAVA R., J. A. Variación temporal de la humedad relativa del aire en Santafé de Bogotá, D.C. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 28 (70): 333-343. 1992.
6. KEISER, D.T.; GRIFFITHS, J.F. Problems associated with homogeneity testing in climate variation studies: a case study of temperature in the northern great plains, USA. International Journal of Climatology 17: 497-510. 1977.
7. LAMBRECHT. Datalogger Adlas operating manual. Gottingen, Lambrecht, 1991. p.v.
8. LAMBRECHT. Sensor 809 LO-100 for humidity and temperature. Operating instructions. Gottingen, Lambrecht, 1991. 3 p.
9. PEARMAN, G.I. Greenhouse gases. Evidence for atmospheric changes and anthropogenic causes. In: PEARMAN, G.I. Greenhouse. planning for climate change. Melbourne, CSIRO, 1988. p. 3-21.
10. PETERSON, T.C.; EASTERLING, D.R. Creation of homogeneous composite climatological reference series. International Journal of Climatology 14: 671-679. 1994.
11. RHOADES, D.A.; SALINGER, M.J. Adjustment of temperature and rainfall records for site changes. International Journal of Climatology 13: 899-913. 1993.
12. SOLAREX CORPORATION. Photovoltaic modules under 38 Watts. Rockville, Solarex Corporation. Customer Service Department, 1988. 2 p.
13. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM – UNEP. NAIROBI. KENYA. Causes of climate change. Nairobi, UNEP, 1993. 2 p. (Fact Sheet No. 8)
14. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. GINEBRA. SUIZA. Guide to meteorological instruments and methods of observation. 5. ed. Ginebra, WMO. 1983. p.v.