

ARTICULO

ESTUDIOS TENDIENTES A ESTABLECER LA HUMEDAD RELATIVA EN LA SUPERFICIE DE HOJAS VEGETALES

LAURA VARANO

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Belgrano.

Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Propiedades Dieléctricas de esta Facultad en cumplimiento del programa de 400hs por parte de la Srta Varano

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se buscó determinar la humedad en la superficie de hojas vegetales y observar su variación de acuerdo con los cambios en la humedad relativa ambiente del medio que las rodea. La humedad en la superficie de las hojas puede presentarse tanto en forma de una película que cubre la hoja completa como en forma de gotas, y pueden ser retenidas allí durante un tiempo mayor o menor según el tipo de hoja en la que se halle. La humedad presente en la superficie de las hojas está relacionada con varios procesos de las mismas, tales como la transpiración, la respiración y la fotosíntesis. Es de esperar que el procedimiento desarrollado permita estudiar algunos de estos procesos.

Algunos antecedentes son los trabajos de la Dra. Carol Brewer (Wyoming, USA) relacionados con la humedad en la superficie de hojas vegetales. De acuerdo con los mismos, la humedad presente en la superficie de las hojas influye en el intercambio de gases, debido a que puede cubrir los estomas y variar el gradiente de presión de vapor de agua. Debido a sus propiedades ópticas, las gotas o película de agua influyen también en la fotosíntesis, ya que pueden actuar como una lente o proyectar sombra. La densidad y distribución de los tricomas también están relacionadas con la humedad presente sobre la hoja, la formación de gotas y la manera en que son retenidas.

Todo esto justifica la búsqueda de un método simple, confiable y fácilmente reproducible para la determinación de la humedad en la superficie de hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Calibración de termistores

Se obtuvieron curvas de calibración entre 15 °C y 40 °C para 5 termistores grandes (largo: 14 mm; diámetro: 1,7 mm; de NTC Thermometrics Inc.) y un termistor chico (largo: 6,3 mm; diámetro: 0,51 mm; de NTC Thermometrics Inc.). Para ello se utilizó el programa "Scope View – Metex", que permite grabar en computadora las lecturas de un multímetro digital modelo M-3850D conectado al termistor que está en proceso de calibración.

Mediciones preliminares

Con los termistores ya calibrados, fue posible construir un psicrómetro y hacer las primeras mediciones con él. Este aparato consiste en 2 termómetros o termistores, uno de los cuales tiene el bulbo seco, mientras que el otro tiene el bulbo envuelto en uno de los extremos de un trozo de algodón alargado, cuyo otro extremo está sumergido en un recipiente con agua. Leyendo la temperatura en el caso de usar termómetros o la resistencia al usar termistores, se puede obtener de tablas la presión de vapor saturado (para agua) a esa temperatura en cada bulbo y con esos datos calcular la humedad relativa ambiente (Kirk & Othmer).

Se realizaron varias mediciones preliminares determinando la humedad relativa ambiente con uno de los termistores grandes como de bulbo seco (en adelante, L9) y con otro de los termistores grandes como de bulbo húmedo (en adelante, L8) en diferentes condiciones (envuelto en algodón, en gasa, en papel absorbente) con el fin de poner a punto el método. Los resultados se compararon con los valores obtenidos utilizando un psicrómetro construido con 2 termómetros (Tablas 1 y 2). Además, todos los resultados obtenidos se compararon con los valores indicados en la página web del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). De este modo se comprobó que los valores más confiables se obtienen con el bulbo húmedo envuelto en una capa delgada de gasa y con una corriente de aire sobre éste. Las diferencias entre los valores obtenidos y los del SMN pueden derivar de que las condiciones de medición tanto en el laboratorio como en el exterior no son iguales a las condiciones de medición del SMN.

Con el objeto de tipificar el método algunas de estas determinaciones se realizaron dentro de una caja de telgopor para obtener un ambiente con vapor y de humedad controlada, pero se lo descartó ya que los valores obtenidos no eran confiables al haber sido tomados en un ambiente cerrado, en el que la humedad relativa resultó siempre mayor que la indicada por el SMN (Tabla 3). De todas maneras podría resultar útil en el caso de requerirse un recinto con una humedad ambiente controlada distinta de la exterior.

Una vez puesto a punto el método para determinar la humedad relativa ambiente, se agregó un tercer termistor grande (en adelante, L10) para medir humedad relativa sobre diferentes superficies, tales como miga de pan, cáscara y gajos de mandarina (Tabla 4).

En la siguiente etapa se utilizó uno de los termistores chicos (en adelante, C1) para medir la resistencia sobre la superficie de la muestra, ya que es más fácil de colocar en lugares de espacio reducido. Con este termistor se realizaron algunas determinaciones preliminares (Tabla 5), determinaciones en distintos tipos de tela (piel de cordero con lana, corduroy, paño lenci y tela escocesa) (Tabla 6), y una repetición de las determinaciones en cáscara y gajos de mandarina (Tabla 7).

Para simplificar las determinaciones tomadas con 3 termistores, se los conectó a una llave de 3 vías que permite tomar las mediciones en secuencia rápida sin tener que desconectar ninguno de los termistores. Esta caja estaba conectada a su vez a un multímetro UNI-T modelo UT70D, cuyas lecturas se grabaron en la computadora mediante el programa "UT70D Interface Program".

Mediante un programa en lenguaje BASIC se convirtieron las lecturas de resistencia en valores de temperatura y humedad, calculando luego la humedad relativa ambiente y la humedad relativa sobre la muestra.

Elección de las plantas

Se utilizaron plantas de la zona de Bariloche, debido a que la vegetación que crece en los estratos inferiores del bosque, por lo general en la proximidad de arroyos, tiene hojas expuestas a la cercanía del agua, altos valores de humedad relativa ambiente y bajas temperaturas durante la noche. La planta elegida fue el *Schinus patagonicus* (Anacardiaceae – “laura”), que sobrevivió en el clima de Buenos Aires y cuyas hojas son fáciles de manejar.

Adaptación del aparato

El equipo utilizado para las mediciones preliminares se adaptó de manera que fuera posible tomar medidas teniendo las plantas en el parque fuera del edificio en el que se encuentra el laboratorio, con la computadora, el multímetro y la llave selectora en el laboratorio ubicado en el primer piso. Los cables anteriormente conectados al equipo se reemplazaron por 6 cables simples (2 de color rojo, 2 marrones y 2 negros) de longitud adecuada, de modo que un cable de cada color fuese desde la caja con la llave hasta un termistor y uno de cada color fuese del termistor al multímetro. De esta manera a cada termistor le correspondió un color de cable diferente. Además se conectó un cable doble de la misma longitud a un ventilador utilizado para generar una corriente de aire sobre el termistor L8, conectado a la red eléctrica en el laboratorio. El ventilador tenía además una llave para encenderlo y apagarlo desde el exterior. (Figura 1)

Con el objeto de establecer la influencia de recintos en los que la humedad relativa fuese más constante y sin la influencia de eventuales corrientes de aire en el exterior, se construyó un recinto descubierto con una red plástica dentro del cual se colocó la maceta con la planta. Sus dimensiones eran 0,90m de alto y 1m de lado, o sea una superficie total de 1m².

El resto de los materiales permaneció en el laboratorio y se los llevó al exterior únicamente para realizar las mediciones.

Mediciones sobre las plantas

Se tomaron medidas tanto en el parque como en el laboratorio, comparando así los resultados de humedad relativa ambiente obtenidos en ambos sitios. Con ese fin se tomaron también mediciones dentro y fuera del recinto descubierto, y con el termistor C1 cerca de la tierra o en contacto con ella.

En primer lugar se realizó una determinación preliminar sobre hojas de “laura” en el laboratorio, con el fin de comprobar el buen funcionamiento del equipo. Ya con la seguridad de que éste fue armado correctamente, la planta se llevó al recinto descubierto y se comenzaron a realizar mediciones en el exterior.

Las primeras determinaciones se realizaron tomando medidas con la maceta tanto fuera como dentro del recinto descubierto, para observar si existían diferencias en cuanto a la humedad relativa ambiente en estos casos.

Durante la siguiente serie de mediciones, tomadas en el laboratorio a causa de una racha de mal tiempo, se realizó una serie de cambios en las condiciones con el fin de observar la variación de la humedad relativa ambiente en los diferentes casos. Uno de estos cambios consistió en colocar una lámina de telgopor detrás del equipo para proteger a los termistores de las corrientes de aire externas. Además se midió la humedad en la maceta, con el termistor C1 cerca de la tierra y luego en contacto con ella, para comprobar que la humedad obtenida con el valor de resistencia del termistor L9 era efectivamente la humedad relativa ambiente y no la humedad dentro de la maceta.

La última serie de determinaciones fue una repetición de las primeras en el exterior. En este caso se volvieron a tomar medidas tanto dentro como fuera del recinto descubierto (Tabla 8).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se indican en los siguientes cuadros:

1: Termistor de bulbo seco (L9) **2:** Termistor de bulbo húmedo (L8) **3:** Termistor de bulbo en contacto con la muestra (L10, C1)

R: Resistencia (kOhms) **T:** Temperatura (°C) **P:** Presión de vapor (mmHg)

Hra: Humedad relativa ambiente **Hmu:** Humedad relativa sobre la muestra

Nota: La presión se expresa en mmHg porque así figura en las tablas consultadas.

Tabla 1.- Medición de humedad relativa ambiente con termómetros y con termistores (L8,L9)

Corriente sobre:	R1	R2	T1	T2	P1	P2	Hra
Ningún bulbo (termómetros)	-	-	21,8	16,0	13,634	19,587	69,61%
Los dos bulbos (termómetros)	-	-	21,3	14,2	18,997	12,144	63,93%
Bulbo húmedo (termómetros)	-	-	22,7	14,9	20,690	12,706	61,41%
Bulbo húmedo (termistores)	107,9	142,5	23,7	17,6	22,038	15,064	68,36%

Hra según SMN: 69,5%

Tabla 2.- Mediciones preliminares con tres termistores (L8, L9, L10)

Material	R1	R2	R3	T1	T2	T3	P1	P2	P3	Hra	Hmu
Algodón (1)	118,6	129,0	157,1	21,4	20,2	15,8	19,113	17,753	13,461	92,88%	70,43%
Algodón (2)	117,5	155,6	154,6	22,0	16,4	15,8	19,827	13,987	13,461	70,55%	67,89%
Algodón (3)	127,0	149,3	147,7	20,4	17,2	17,0	17,974	14,715	14,530	81,87%	80,84%
Algodón (4)	127,2	155,6	159,4	20,4	16,4	15,4	17,974	13,987	13,121	77,82%	72,99%
Papel absorbente	126,0	148,6	153,0	20,6	17,4	16,4	18,197	14,903	13,987	81,90%	76,86%
Papel absorbente (con vapor)	90,0	129,4	96,6	27,8	20,2	26,2	28,021	17,753	25,509	63,36%	91,04%

Tabla 3.- Mediciones dentro de la caja de telgopor (L8, L9, L10)

<i>Material</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>Hra</i>	<i>Hmu</i>
Papel absorbente (sin vapor)	121,8	153,8	124,8	21,4	16,6	20,6	19,113	14,166	18,197	74,12%	95,21%
Algodón (sin vapor)	118,6	145,1	124,8	21,8	17,9	20,6	19,587	15,381	18,197	78,53%	92,90%
Papel absorbente (con vapor)	97,1	115,8	114,6	26,2	22,8	22,4	25,509	20,815	20,316	81,60%	79,64%
Algodón (con vapor)	98,8	126,3	115,6	25,8	20,6	22,4	24,912	18,197	20,316	73,05%	81,55%

Hra según MSN: 56,0%

Tabla 4.- Mediciones sobre distintos materiales (L8, L9, L10)

<i>Material</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>Hra</i>	<i>Hmu</i>
Miga de pan en bolsa de nylon	112,8	-	102,4	23,0	-	22,9	21,068	-	20,942	-	99,40%
Miga de pan fuera de la bolsa	112,8	-	108,8	23,0	-	21,6	21,068	-	19,349	-	91,84%
Miga de pan fuera de la bolsa media hora más tarde	112,8	-	110,8	23,0	-	21,4	21,068	-	19,113	-	90,72%

Hra según MSN: 80,0%

Miga de pan que quedó dos días dentro de la bolsa	114,6	138,1	104,8	22,6	18,6	22,4	20,565	16,071	20,316	78,15%	98,79%
Miga de pan que quedó fuera de la bolsa	114,6	138,1	106,9	22,6	18,6	22,0	20,565	16,071	19,827	78,15%	96,41%
Borde del pan que quedó fuera de la bolsa	114,6	138,1	105,2	22,6	18,6	22,2	20,565	16,071	20,070	78,15%	97,59%
Miga de pan fresco (borde)	114,6	138,1	113,8	22,6	18,6	20,6	20,565	16,071	18,197	78,15%	88,49%
Miga de pan fresco (centro)	114,6	138,1	114,9	22,6	18,6	20,4	20,565	16,071	17,974	78,15%	87,40%
Termistor apoyado sobre la miga	114,6	138,1	114,5	22,6	18,6	20,5	20,565	16,071	18,086	78,15%	87,95%
Termistor apoyado sobre la miga (flojo)	114,6	138,1	112,8	22,6	18,6	20,8	20,565	16,071	18,422	78,15%	89,58%
Corteza del pan	114,6	138,1	109,8	22,6	18,6	21,4	20,565	16,071	19,113	78,15%	92,94%
Cáscara de mandarina	114,6	138,1	106,3	22,6	18,6	22,2	20,565	16,071	20,070	78,15%	97,59%
Superficie interior de mandarina	114,6	138,1	108,3	22,6	18,6	21,5	20,565	16,071	19,231	78,15%	93,51%
Entre gajos de mandarina	114,6	138,1	108,8	22,6	18,6	21,6	20,565	16,071	19,349	78,15%	94,09%

Hra según SMN: 69,9%

Tabla 5.- Mediciones preliminares con el termistor chico (L8, L9, C1)

<i>Material</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>Hra</i>	<i>Hmu</i>
Bulbo apoyado sobre algodón, dentro de la caja	97,5	114,6	114,6	26,2	20,4	22,2	25,509	17,974	20,070	70,46%	78,68%
Bulbo apoyado sobre algodón, fuera de la caja	103,6	122,2	110,6	24,8	19,0	22,5	23,476	16,477	20,441	70,19%	87,07%
Bulbo entre los "pelos" del algodón, fuera de la caja	103,6	122,2	116,7	24,8	19,0	21,8	23,476	16,477	19,587	70,19%	83,44%

Hra según SMN:

50,0%

Bulbo apoyado sobre algodón	114,7	139,5	120,3	22,6	16,0	21,0	20,565	13,634	18,650	66,30%	90,69%
Bulbo entre los "pelos" del algodón	114,7	139,5	129,6	22,6	16,0	19,6	20,565	13,634	17,105	66,30%	83,18%

Hra según SMN:

36,0%

Tabla 6.- Mediciones sobre distintos tipos de tela (L8, L9, C1)

Material	R1	R2	R3	T1	T2	T3	P1	P2	P3	Hra	Hmu
Piel de cordero con lana	133,5	140,4	120,4	22,8	15,6	21,0	20,815	13,290	18,650	63,85%	89,60%
Tela escocesa	111,9	142,0	121,6	23,2	15,2	20,8	21,324	12,953	18,422	61,48%	86,39%
Paño Lenci	113,0	138,5	116,9	22,8	16,2	22,6	20,815	13,809	20,565	66,34%	98,80%
Corduroy	112,8	142,7	113,7	23,0	15,2	22,2	21,068	12,953	20,070	64,23%	95,26%

Hra según SMN: 36,0%

Tabla 7.- Mediciones sobre mandarina (L8, L9, C1)

Material	R1	R2	R3	T1	T2	T3	P1	P2	P3	Hra	Hmu
Cáscara de mandarina	106,0	139,5	102,4	24,2	18,2	24,6	22,602	15,670	23,243	69,33%	100%
Entre dos gajos de mandarina	106,0	139,5	112,5	24,2	18,2	22,5	22,602	15,670	20,394	69,33%	90,23%

Hra según SMN: 70,0%

Tabla 8.- Mediciones sobre hojas de "laura"

Material	R1	R2	R3	T1	T2	T3	P1	P2	P3	Hra	Hmu
Hojas en el laboratorio	89,6	105,0	88,3	27,8	24,4	28,0	27,975	22,989	28,277	82,18%	100%
Hojas en el recinto descubierto	120,6	129,6	119,5	21,0	20,1	21,1	18,701	17,641	18,776	94,33%	100%
Ambiente fuera del recinto descubierto	128,2	134,5	115,0	19,8	19,2	22,0	17,267	16,678	19,782	96,59%	100%
Hojas fuera del recinto descubierto	121,8	130,9	116,8	20,8	19,9	21,6	18,441	17,388	19,365	94,29%	100%
Humedad ambiente (menos gasa en L8)	108,2	129,7	105,7	23,7	20,1	23,9	21,950	17,622	22,247	80,28%	100%
Hojas en el laboratorio	111,1	129,4	114,9	23,0	20,1	22,0	21,117	17,680	19,806	83,73%	93,79%
Hojas con lámina de telgopor detrás	110,5	128,1	109,5	23,2	20,4	23,1	21,286	17,932	21,178	84,24%	99,49%
Cerca de la tierra	108,1	128,1	114,6	23,7	20,4	22,0	21,979	12,932	19,878	81,59%	90,44%
Dentro de la tierra	105,4	126,7	116,7	24,3	20,6	21,6	22,783	18,202	19,388	79,89%	85,10%
Hojas en el recinto descubierto (2)	103,5	119,8	104,5	24,6	21,8	24,2	23,362	19,545	22,602	83,66%	96,75%
Hojas fuera del recinto descubierto (2)	106,7	113,7	71,5	24,0	22,8	32,6	22,393	20,823	36,988	92,99%	100%

Hra según SMN: 77,0%

DISCUSIÓN

Los primeros resultados obtenidos fueron las curvas correspondientes a la calibración de los distintos termistores. En cuanto a las mediciones con psicrómetro, se comprobó que los termistores dan resultados similares a los de los termómetros para determinar la humedad relativa ambiente, por lo que se justifica su utilización para el trabajo que se deseaba realizar. (Tabla 1)

De los 3 valores de humedad relativa proporcionados por el SMN (en Ezeiza, en Aeroparque y en el Observatorio Central), los de Aeroparque son los más similares a los obtenidos en este trabajo tanto en el laboratorio como al aire libre, aunque el empleo de estos valores debe hacerse con la salvedad planteada en la sección de Materiales y Métodos al hacer referencia a la comparación entre los valores obtenidos y los del SMN. En consecuencia, estos fueron los utilizados como orientación para los resultados de las determinaciones. Las mayores diferencias entre los valores obtenidos en el laboratorio y los del SMN se presentan en los casos en los que se realizaron determinaciones dentro de la caja de telgopor. (Tablas 3, 4, 5, 6)

Al utilizar un tercer termistor para medir la humedad en distintas muestras (p. ej. pan, mandarina), se observó que hay mayor humedad en la superficie de éstas que en su interior. En el caso de la mandarina, se obtuvo una humedad del 100% en su superficie, lo que indicaría la existencia de una película de agua. (Tabla 4) En cuanto a las determinaciones realizadas con distintos tipos de telas, se observó que la humedad era mayor en aquellas en las que los hilos estaban menos separados entre sí. (Tabla 6)

En las primeras determinaciones realizadas en el exterior, se observó que los resultados variaban según si se tomaban las mediciones dentro o fuera del recinto descubierto. (Tabla 8)

Los valores de humedad relativa ambiente obtenidos fuera del recinto descubierto fueron mayores que los obtenidos dentro de éste, y en ambos casos eran mayores que los valores indicados por el SMN. De esta manera se comprobó que la zona elegida del jardín, a la sombra y con la proximidad de algunas plantas además de las utilizadas para este trabajo, era más húmeda que el espacio abierto.

En todas esas mediciones, el valor obtenido de humedad relativa en la superficie de las hojas fue de 100 %, sugiriendo que sobre éstas hay una película de agua. (Tabla 8)

Mediante las determinaciones realizadas en el laboratorio, se observó que para obtener valores de humedad relativa ambiente más similares a los indicados por el SMN era conveniente envolver el termistor L8 con una capa muy delgada de gasa. (Tabla 8)

Los resultados obtenidos con una lámina de telgopor detrás de la planta fueron muy similares a los obtenidos sin ésta, con lo que se puede considerar que la lámina no es imprescindible. (Tabla 8)

Al medir la humedad relativa dentro de la maceta, con el termistor C1 tanto cerca de la tierra como en contacto con ella, se observó que los valores obtenidos eran diferentes a los obtenidos fuera de la maceta (con el termistor L9). De ese modo se pudo comprobar que la lectura fuera de la maceta (hecha con el termistor L9) no llevaba a la humedad relativa dentro de la maceta sino a la del ambiente. (Tabla 8)

Con estas condiciones en el termistor L9, también variaron los resultados obtenidos para la humedad relativa en la superficie de las hojas, los cuales ya no fueron del 100 %.

Sin embargo, los valores obtenidos siguieron siendo mayores que la humedad relativa ambiente, y se mantuvieron por encima del 90 %. (Tabla 8)

Las últimas determinaciones fueron tomadas en el exterior, repitiendo la primera serie de medidas. También en este caso la humedad relativa ambiente fuera del recinto descubierto resultó ser mayor que en su interior, y la humedad relativa en la superficie de las hojas mayor que la ambiente. En cuanto a la humedad relativa en la superficie de las hojas, alcanzó el 100 % en la medición tomada fuera del recinto descubierto y el 97 % dentro de éste. (Tabla 8)

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que este método es confiable para medir la humedad relativa ambiente y compararla con la humedad relativa en determinados sistemas. Las distintas variaciones en las condiciones de la determinación permitieron observar que la manera más adecuada de medir la humedad relativa ambiente consiste en utilizar un termistor de bulbo húmedo envuelto en una capa muy delgada de gasa y con una corriente de aire sobre él, de modo que ésta no afecte al termistor de bulbo seco.

El uso de un termistor chico permitió realizar determinaciones en lugares de tamaño muy reducido. Esto resultó muy conveniente para medir la humedad sobre las hojas de "laura", por ser éstas muy chicas. La utilización de una llave también simplificó las determinaciones, ya que permitió tomar medidas con los 3 termistores casi simultáneamente.

El empleo de un recinto descubierto ubicado al aire libre puede resultar útil cuando se desee trabajar en zonas de humedad muy controlada de valores predeterminados.

Los resultados obtenidos para los valores de humedad relativa en la superficie de las hojas, al ser mucho mayores que la humedad relativa ambiente y cercanos al 100%, sugieren la existencia de una película de agua sobre las hojas.

BIBLIOGRAFÍA

Beiswenger, J. M. & Brewer, C. A. 1993. Predicting biological response to global warming: a laboratory activity to promote discussion. *American Biology Teacher* 55: 222-226.

Brewer, C. A. 1996. What's so bad about being wet all over: investigating the ecological significance of leaf surface wetness. *American Biology Teacher* 58: 414-417.

— & Beiswenger, J. M. 1993. Carbon dioxide and the greenhouse effect: a problem evaluation activity. *American Biology Teacher* 55: 238-240.

— & Smith, W. K. 1994. Influence of stimulated dewfall on photosynthesis and yield in soybean isolines with different trichome densities. *International Journal of Plant Science* 115: 460-466.

— & Smith, W. K. 1995. Leaf surface wetness and gas exchange in the pond lily *Nuphar polysepalum* (Nymphaeaceae). *American Journal of Botany* 82: 1271-1277.

— & Smith, W. K. 1997. Patterns of leaf surface wetness for montane and subalpine plants. *Plant, Cell and Environment* 20: 1-11.

— & Smith, W. K. & Vogelmann, T. C. 1991. Functional interaction between leaf trichomes, leaf wettability and the optical properties of water droplets. *Plant, Cell and Environment* 14: 955-962. Handbook of Chemistry and Physics (62nd edition). 1982. CRC. Florida.

Kirk, Raymond E. and Othmer, Donald F., Encyclopedia of Chemical Technology, 1^a. Edición, 7, 550-4 (1951). The Interscience Encyclopedia Inc. N.Y. U.S.A.

Robbins, W. W., Weier, T. E. & Stocking, C. R. 1957. *Botany: An introduction to plant science*. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York.

METEX. Multímetros modelo M-3850D.

NTC Thermometrics Inc. Termistores grandes tipo P100DB104J. Termistores chicos tipo P20BB104K.

Servicio Meteorológico Nacional: <http://www.meteonet.com.ar>

UNI-T. Multímetro modelo UT70D.

Figura 1.- Esquema del sistema de mediciones

