



**COLEGIO DE**  
**POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**

POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS

**CAPTACIÓN DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA  
COMO FUENTE OPCIONAL DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO**

**ANA LAURA BAUTISTA OLIVAS**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2008



# Contenido

CONTENIDO.....	i
INDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Programa Plan acuario.....	2
2.2 Abasto de agua potable por métodos no convencionales.....	4
2.2.1 Captación de agua de lluvia.....	4
2.2.2 Captación de la humedad atmosférica.....	5
2.3 Prototipos para condensar la humedad atmosférica.....	6
2.4 La atmósfera.....	11
2.4.1 Composición atmosférica.....	13
2.4.2 Dinámica atmosférica.....	14
2.4.3 Gradientes adiabáticos.....	14
2.5 El agua en la atmósfera.....	16
2.5.1 Agua atmosférica y contaminación.....	16
2.5.2 Humedad atmosférica.....	17
2.5.3 Humedad absoluta.....	18
2.5.4 Humedad relativa.....	19
2.5.5 Tensión de vapor en la saturación ( $e_s$ ).....	20
2.5.6 Tensión de vapor actual ( $e$ ).....	21
2.5.7 Medición de la humedad relativa.....	21
2.5.8 Temperatura del aire.....	23
2.5.9 Carta psicométrica.....	24
2.5.10 Punto de rocío.....	26
2.6 Leyes fundamentales que rigen el aire en la atmósfera.....	28
2.6.1 Primera Ley de la termodinámica.....	28
2.6.2 Segunda Ley de la termodinámica.....	28

2.7 Evaluación económica .....	28
2.7.1 Valor actual neto.....	29
2.7.2 La tasa interna de rentabilidad .....	30
2.7.3 Relación beneficio costo .....	31
2.8 Evaluación técnica .....	33
3. OBJETIVOS .....	34
3.1 Objetivo general .....	34
3.2 Objetivo particular .....	34
3.3 Hipótesis .....	34
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
4.1 Localización del sitio de estudio.....	35
4.2 Características del sitio de estudio.....	35
4.2.1 Clima .....	35
4.3 Higroimán.....	37
4.3.1 Funcionamiento .....	37
4.3.2 Estación meteorológica.....	38
4.3.3 Medidor de energía .....	39
4.4 Metodología.....	40
4.4.1 Instalación.....	40
4.4.2 Toma de datos de humedad relativa y temperatura.....	41
4.4.3 Operación.....	41
4.4.4 Viabilidad Técnica.....	42
4.4.5 Toma de muestras de agua y análisis microbiológico y químico.....	44
4.4.6 Evaluación Económica .....	44
Costo de agua del Plan Acuario .....	44
5. RESULTADOS Y DISCUSION .....	46
5.1 Análisis de la humedad relativa y la temperatura ambiental.....	46
5.2 Viabilidad técnica .....	51
5.2.1 Comparación del hidroimán con otros condensadores de humedad .....	57
5.4 Análisis de calidad de agua.....	58
5.5 Evaluación Financiera .....	60

5.5.1 Costos .....	60
5.5.2 Beneficios .....	61
* Botellas de 1 L de agua.....	61
5.5.3 Indicadores Financieros .....	61
5.5.4 Costo de agua del Plan Acuario .....	62
6.1 Conclusiones.....	63
6.2 Recomendaciones .....	64
7. LITERATURA CITADA .....	65
8. ANEXOS (DISCO COMPACTO)	

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener a una temperatura.....	19
Cuadro 2. Promedios de consumo de energía, volumen de agua, humedad atmosférica, temperatura, eficiencia y humedad absoluta por cada nivel a una altura de 2240 m empleando el higroimán 1h.....	51
Cuadro 3. Promedios de consumo de energía, volumen de agua, humedad atmosférica, temperatura, eficiencia y humedad absoluta por cada nivel a una altura de 2240 m empleando el higroimán cada 3 h. ....	53
Cuadro 4. Promedios de consumo de energía, volumen de agua, humedad atmosférica, temperatura, eficiencia y humedad absoluta por cada nivel a una altura de 2241.2 m empleando el higroimán 1 h.....	54
Cuadro 5. Promedios de consumo de energía, volumen de agua, humedad atmosférica, temperatura, eficiencia y humedad absoluta por cada nivel a una altura de 2241.2 m empleando el higroimán cada 3 h. ....	55
Cuadro 6. Promedios de temperatura del evaporador, temperatura de rocío, volumen de agua, temperatura ambiente y frigorías por cada nivel a una altura de 2241 m empleando el higroimán cada hora. ....	56
Cuadro 7. Promedios de temperatura del evaporador, temperatura de rocío, volumen de agua, temperatura ambiente y frigorías por cada nivel a una altura de 2240 m empleando el higroimán cada hora. ....	57
Cuadro 9. Comparación de la calidad química de las muestras del agua con la NOM-127-SSA-1994. ....	59
Cuadro 10. Comparación de la calidad microbiológica de las muestras del agua con la NOM-127-SSA-1994. ....	60
Cuadro 11. Costos del proyecto .....	61
Cuadro 12. Beneficios generados por el ahorro de tener agua con el Higroimán.....	61
Cuadro 13. Indicadores financieros para cinco años de evaluación .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prototipo desarrollado (Malka y Cory, 2007) .....	8
Figura 2. Air2water .....	9
Figura 3. Dispositivo para condensación de humedad ambiental (Medina, 2006) .....	11
Figura 4. Estructura de la atmosfera altura y temperatura de las diferentes capas. ....	12
Figura 5. Psicrómetro .....	22
Figura 6. Estación meteorológica automatizada (Medina y Grageda. 2008).....	23
Figura 7. Carta Psicométrica para mezclas de aire y vapor de agua a una presión de 101.325 kpa (Valiente, 1999). ....	25
Figura 8. Precipitación promedio de la Ciudad de México .....	35
Figura 9. Temperatura promedio anual en la Ciudad de México de 1986 a 2006. ....	36
Figura 10. Humedad Promedio anual en la Ciudad de México de 1986 a 2006.....	37
Figura 11. Diagrama del higrómetro .....	38
Figura 12. Estación Meteorológica .....	39
Figura 13. Wathorímetro .....	40
Figura 14. Humedad relativa y temperatura ambiental promedio por día durante el periodo comprendido del día 15 de marzo al día 3 de junio del 2008.....	46
Figura 15. Humedad relativa y la temperatura ambiente promedio durante el periodo comprendido del día 15 de marzo al día 3 de junio del 2008.....	47
Figura 16. Humedad relativa y la temperatura ambiente promedio por hora durante 28 días del muestreo.....	48
Figura 17. Comportamiento de la humedad relativa promedio por hora, durante 82 y 28 días del muestreo. .	49
Figura 18. Comportamiento de la temperatura promedio por hora, durante 82 y 28 días del muestreo. ....	50

# CAPTACIÓN DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA COMO FUENTE OPCIONAL DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO

Ana Laura Bautista Olivas, M.C.

Colegio de Posgraduados, 2008

Los objetivos de esta investigación fueron evaluar técnica y económicamente un prototipo que obtiene agua de la humedad atmosférica en el Distrito Federal, y se comparó el costo con abastecer agua con el Plan Acuario, el cual distribuye agua de manera gratuita en camiones cisterna a sectores rurales de la población. La evaluación técnica consistió en analizar el funcionamiento de los siete niveles del termostato del prototipo a una altitud de 2240 y 2241.2 m, con el Método de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ), con base en la humedad relativa y temperatura del ambiente registrado por 82 días, de los cuales se considero 28 días como una muestra representativa de estas variables, además de medir la temperatura del serpentín, el consumo de energía y el volumen de agua obtenido con el prototipo, con esta información se calculo la eficiencia de cada nivel utilizado; y para evaluar la calidad del agua obtenida del aire se tomaron tres muestras y se analizó el pH, SO<sub>4</sub>, Cl, y Na, los resultados se compararon con la NOM-127-SSA-1994. La evaluación económica se considero los costos y beneficios de obtener agua con el prototipo y se comparó con del Plan acuario. Se concluyó que el nivel 7 de operación del prototipo fue el de mayor contenido de agua y consumo de energía, el cual sublima el agua, el nivel uno de operación condensa el agua, pero la cantidad de agua que obtiene es menor que con el nivel siete. La calidad de agua que se obtuvo con el prototipo no es apta para consumo humano. El costo aproximado de agua con el plan acuario es de \$52.716 pesos el m<sup>3</sup> y el costo de agua con el prototipo es de \$1800 pesos el m<sup>3</sup>, no es viable económicamente con la superficie de 1.7 m<sup>2</sup> utilizados en el evaporador.

**Palabras claves:** *condensación del vapor de agua, punto de rocío, evaluación técnica y económica, calidad del agua..*



## **OBTAINING OF ATMOSPHERIC HUMIDITY AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF HOUSEHOLD USE WATER**

The objective of this investigation was to evaluate technically and economically a prototype which obtains water from the atmospheric humidity in Mexico City, and comparing the cost of supplying water with *Plan Acuario* which distributes water free of charge in tanker trucks to rural sectors of the population. The technical evaluation consisted in analyzing the performance of the seven levels of the thermostat of the prototype at an altitude of 2240 and 2241.2 meters, with the Tukey Method ( $\alpha= 0.05$ ), based on the relative humidity and environmental temperature registered during 82 days; and considering 28 days as a representative sample of these variables. Besides, the temperature of the coil, energy consumption, and volume of water were measured in order to use this information for calculating the efficiency of each level used; and to evaluate the quality of the water obtained from the air, were taken three samples and the pH, SO<sub>4</sub>, Cl, and Na were analyzed, and the results were compared with the NOM-127-SSA-1994. The economic evaluation took into account the costs and profits of obtaining water with the prototype, and then was compared with the *Plan Acuario*. The conclusion is that the operation level 7 of the prototype was the level of higher water content and energy consumption, which sublimates the water. Operation level 1 condenses the water, but the quantity of water is lower than with operation level 7. The quality of the water obtained from the prototype is not apt for human consume. The approximate cost of water with *Plan Acuario* is \$52.716 m<sup>3</sup> and the cost of water with the prototype is \$1800 m<sup>3</sup>, which is not economically viable with the area of 1.7 m<sup>2</sup> used in the evaporator.

**Keywords:** *condensation the steamer of water, evaluation technically and economically, water quality.*

# 1. INTRODUCCIÓN

El incremento constante en la demanda de agua para satisfacer las necesidades de los sectores agrícola, pecuario, industrial y para abastecer a la población humana, así como la baja eficiencia en el uso de la misma y la contaminación a que están expuestas las fuentes de abastecimiento hace que cada día escasee más la disponibilidad de agua, en especial la destinada al consumo humano.

A nivel mundial, este problema es cada vez más crítico, en lo que se refiere a la disponibilidad de agua potable para uso doméstico, en México, los datos estadísticos del último censo arrojó cifras alarmantes. Según el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2005), reporta que de 24,748,938 viviendas particulares habitadas: 2,795,445 viviendas no disponen de agua entubada proveniente de redes públicas de abastecimiento o de otras fuentes, ni dentro ni fuera de la vivienda, ni tenían acceso a un hidratante o llave pública.

Debido a lo anterior, aquellos países en los que se agudiza este problema, entre ellos México, realizaron a partir de la década de los cincuenta, el rescate de la tecnología tradicional, que en conjunto con nuevas técnicas; se ofrezcan opciones para solucionar en lo posible la escasez de agua, dándose énfasis en la captación de agua de lluvia y manejo de escurrimientos superficiales, con fines agrícola, pecuario y uso doméstico.

En la última década, los trabajos de investigación sobre captación de agua con fines domésticos se enfocó hacia el aprovechamiento de la neblina (fog collection, Camanchaca) con óptimos resultados en aquellas regiones en que al menos 80% de los días del año tienen neblina durante 50% del día como mínimo.

El presente trabajo plantea como objetivo evaluar técnica y económicamente una fuente no convencional como una alternativa de abasto de agua al PLAN ACUARIO, que consiste en la captación de agua por condensación del vapor de agua de la humedad atmosférica.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Programa Plan acuario

En México, la Comisión Nacional de Zonal Áridas (CONAZA) y la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) implementaron desde 1971 el Plan Acuario, el cual es un Programa de abastecimiento gratuito de agua para uso domestico en comunidades rurales y colonias marginadas en las zonas áridas y semiáridas del país, utilizando camiones cisterna para proporcionar agua en aquellos lugares donde no es posible hacerlo por otros medios (Conapo, 2008).

En algunas comunidades las autoridades municipales o estatales construyeron depósitos-cisternas de tamaño variable, a las cuales abastecen de agua potable con uno o dos viajes por semana (con un camión cisterna de 6 m<sup>3</sup>) cuyo costo es con cargo al municipio, con lo cual se evita el dispendio y la contaminación del liquido por el contacto con animales y el medio ambiente.

Los habitantes de la comunidad, según el tamaño de esta, se organizan y forman un comité de agua cuyos integrantes reparten el agua con un volumen promedio de 50 a 100 L por familia por semana.

Entre los principales resultados del programa en 2003, destaca la distribución de más de 1000 m<sup>3</sup> de agua, que beneficiaron a 611,657 habitantes que viven en el desierto y semidesierto del país, principalmente en los municipios y comunidades rurales de las zonas áridas de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, México, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas, que comprenden 634 municipios, en donde se ubican 57,340 comunidades y habitan alrededor de cinco millones de personas (Conapo, 2008).

De acuerdo a la CONAZA (2004) en 1999, se atendieron 1,432 núcleos de población en 140 municipios de 15 estados de la república; 1,321 son comunidades rurales y 111

colonias marginadas suburbanas, distribuyendo 1,425,000 m<sup>3</sup> en beneficio de 618,265 habitantes, lo que representa 18% de municipios y 7.26% de la población total de las zonas áridas y semiáridas.

Sin embargo el índice de Eficiencia del Plan Acuario, en el período enero - septiembre de 2004 fue de 5.1 L hab<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, siendo inferior a su estándar anual que es de 5.5 L.

Gleick (1996) propone como un requerimiento general básico 50 L hab<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, estándar mínimo para satisfacer cuatro necesidades básicas: para beber, saneamiento, bañarse y cocinar, sin embargo es difícil estimar la cantidad de agua que se necesita para mantener niveles de vida aceptables o mínimos, es evidente que el Plan Acuario soluciona la necesidad de agua en forma parcial. Por lo que es importante la búsqueda de nuevas alternativas para ayudar a resolver este gravísimo problema de manera eficiente y económica para el Plan acuario.

El presupuesto anual que es programó anual para el Plan Acuario en el 2004 fue de \$5,200 millones que corresponden a refacciones y accesorios menores, mantenimiento y pago de seguros de los camiones cisterna; de estos recursos, al cierre del **primer trimestre** de 2004 se ejercieron \$3,952,100, que representa 76% con respecto al presupuesto total programado.

Suponiendo que en el año 2004 se abasteció de agua a la misma cantidad de personas que en 1999 que fue 618,265 con un promedio de 5.1 L hab<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> **en el primer trimestre** se repartieron 283,783.63 m<sup>3</sup> en ese trimestre, lo que tuvo un costo de \$13.93 m<sup>-3</sup> a lo que hay que agregar los costos de combustibles, sueldos de chóferes, administradores y el costo del agua en la fuente de la cual se toma.

Además se debe de tomar en cuenta, como un problema adicional, los días en los cuales el transporte no está disponible por descompostura, o por la ausencia del chofer, por lo que los usuarios no reciben el beneficio.

## **2.2 Abasto de agua potable por métodos no convencionales**

El agua potable es un recurso escaso a nivel mundial, representa el 2.6% del total del agua de todo el planeta, por esta razón, desde la antigüedad se emplean métodos poco comunes, para obtener este vital recurso, algunos ejemplos son: la captación de agua de lluvia y la obtención de agua a partir de la humedad atmosférica.

### **2.2.1 Captación de agua de lluvia**

Anaya (2004), define a la captación de agua de lluvia como la recolección, conducción y almacenamiento con fines de consumo humano, agropecuario y recarga de acuíferos.

Se reporta que la captación del agua de lluvia se practicó desde hace 6 mil años a.C., siendo fácil de obtener agua para consumo humano y uso agrícola, el hombre ha aprovechado el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente, algunos pueblos ocuparon zonas áridas, semiáridas y húmedas del planeta y comenzó el desarrollo de las formas de captación de agua de lluvia, como una opción para el riego de cultivos y el uso doméstico, la cual consiste en el aprovechamiento del agua de los ríos, de los lagos y lagunas.

Los sistemas de captación del agua de lluvia (SCALL), se utilizan tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones. Pero son técnicas de reciente publicación, su empleo se está haciendo muy extensiva en la República Popular China, India, Tailandia, Israel, Japón, Bangladesh, EUA, Brasil, Islas Vírgenes, Islas Turcos y Caicos, México, entre otros países árabes y de África.

La India ha tenido una tradición milenaria sobre la captación del agua de lluvia, en donde diversos sistemas se han adoptado de acuerdo a la ecología de cada región, para resolver sus demandas del agua (Khurana, 2003).

Algunas de las ventajas y desventajas de la captación de agua de lluvia se mencionan a continuación:

## Ventajas

- Alta calidad física y química del agua de lluvia
- Sistema independiente, ideal para comunidades dispersas y alejadas
- Empleo de mano de obra y materiales locales
- No requiere energía para la operación del sistema
- No se necesitan gran cantidad de tuberías, bombas caras, ni filtros sofisticados
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección.
- Las lluvias en zonas áridas tienden a suceder de manera errática y extrema, sin embargo se pueden aprovechar las 5 o 6 precipitaciones al año para abastecer de agua a algunas poblaciones.

## Desventajas

- Alto costo inicial para implementar el sistema, por parte de las familias de bajos recursos económicos.
- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.
- Se necesitan cisternas y contenedores, con capacidad suficiente para guardar agua durante los meses secos.
- Las cisternas tienen que estar selladas y protegidas de la entrada de luz, viento, polvo y animales.

### **2.2.2 Captación de la humedad atmosférica**

La obtención de agua a partir de la humedad atmosférica es una técnica antigua, Roman (1999), explica que en la isla Lanzarote en España se cultiva a cada planta de vid en el fondo de un tazón cubierto con gravilla volcánica. En las tardes y noches, por efecto del enfriamiento debido a radiación terrestre, la superficie alcanza la temperatura de rocío. La humedad se condensa sobre la gravilla y escurre a las raíces de la vid.

Roman (1999), menciona que en el caso de los atrapanieblas, (atrapar las microscópicas gotas de agua que contiene la denominada “camanchaca” o neblina costera) estos permiten captar el vapor de agua, que se da en forma natural, en las superficies frías en contacto con el medio ambiente, o bien en la madrugada sobre las hojas de las plantas.

Los lugares donde se dan las condiciones adecuadas, el obtener agua a partir de las neblinas naturales o camanchacas es una forma técnica y económicamente viable para obtener agua.

Thomas, 2003 menciona que algunas de las ventajas y desventajas de la condensación de la humedad atmosférica son:

#### Ventajas

- Es una opción para obtener agua.
- Se puede obtener todo el año de manera natural siempre y cuando la humedad relativa sea del 100% y exista una superficie fría en contacto con el ambiente donde pueda ser condensada.

#### Desventajas

- La cantidad de agua condensada en general es reducida y depende de humedad relativa, temperatura y el viento.
- Se obtiene mayor cantidad de agua en zonas con alta humedad relativa y bajas temperaturas.
- Los prototipos para obtener agua de esta forma están en desarrollo.
- Necesitan alguna fuente de energía

### **2.3 Prototipos para condensar la humedad atmosférica**

Evenari *et al.*, (1977) describe que los habitantes del Desierto del Negev durante la primera mitad de la Edad de Bronce (2100 a 1900 A.C.) empleaban técnicas rudimentarias para captar agua de la humedad atmosférica. Que consistía en impermeabilizar el fondo de pequeños valles con arcilla tipo loes, colocar piedras y gravas encima lo que remataban en la superficie con surcos de grava contruidos en sentido perpendicular a la dirección de los vientos húmedos, una variante era la construcción de montones de grava cuyo diámetro oscilaba de 2 a 5 m y de altura de 1 a 3 m, los surcos tenían de ancho de 0.8 a 5 m y de alto

de 0.5 a 2 m, al circular el aire húmedo y caliente por entre los poros de la grava, la humedad se condensaba y escurría hacia el fondo.

Espinosa, (1961) patentó un aparato destinado para captar agua contenida en la niebla, el cual consistía de un cilindro de 0.7 m de diámetro en que estaban dispuestos 1,300 monofilamentos de perlón de 0.5 mm de diámetro y 2 m de largo, al fondo de este sistema se encontraba un embudo metálico y un estanque de acumulación de agua, de 1.4 m<sup>2</sup> de área frontal de captación. Se instaló en el “Mirador” a una altitud de 980 m en la cordillera de la Costa de Chile. En ese lugar la precipitación media anual es de 3 mm, los resultados obtenidos en promedio anual de agua captada fue de 3.9 L d<sup>-1</sup> con registros mínimos de 1.5 y máximo de 15 L d<sup>-1</sup>.

Entre 1979 y 1984 un equipo de investigadores de la Universidad Católica del Norte de Chile instaló un captanieblas de más de 10 m de altura, que se construyó con una estructura poliédrica de tubos y las caras se revistieron de malla captanieblas mejoró la captación de la camanchaca, con un rendimiento superior al que obtuvo en el mirador, sin embargo, el agua no fue aprovechada.

También se realizaron experiencias en los Nidos, al Sur de Antofagasta, Chile, el agua que se captó se usó en un vivero (para desarrollar árboles forestales) y para el consumo de los lugareños, después de dos años los árboles eran capaces de sobrevivir captando su propia agua desde la neblina.

Schemenawer *et al.*, (1988), describe el proyecto para abastecer de agua potable a la población de Chungungo, pueblo de pescadores con 440 habitantes y en el verano llega a tener más de 1,000 (con vacacionistas), se ubica al pie de Cordón del Toro a los 30° latitud Sur en Chile. La población se abastecía de agua con camiones cisterna que llevaban el agua desde más de 60 km de distancia, el problema se resolvió con un proyecto de captanieblas de 62 captadores de 58 m<sup>2</sup> y 40 adicionales de 90 m<sup>2</sup>, con un rendimiento promedio anual de 4 L m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, el agua se almacenaba en un estanque de 40 m<sup>3</sup> de donde se distribuye a la población.



Es importante mencionar que Schemenewer y P. Cereceda se dedica a la investigación a la captación de agua a partir de la neblina, que desarrollaron sus experiencias en Chungungo, Chile y en Pululahua, y Pachamama Grande de Ecuador, y la tecnología desarrollada se ha extendido a Islay.

Malka y Cory (2007), desarrollaron un aparato capaz de captar agua a partir del aire llamado "WatAir"; este dispositivo se invento para suministrar agua para las tropas de Estados Unidos en combate en regiones áridas en la guerra en Irak. El cual tiene forma de pirámide invertida y consta de un conjunto de paneles que recolectan la humedad del aire para obtener agua dulce bajo casi cualquier tipo de clima, se estima que requiere de un mínimo de 14% de humedad relativa para funcionar.

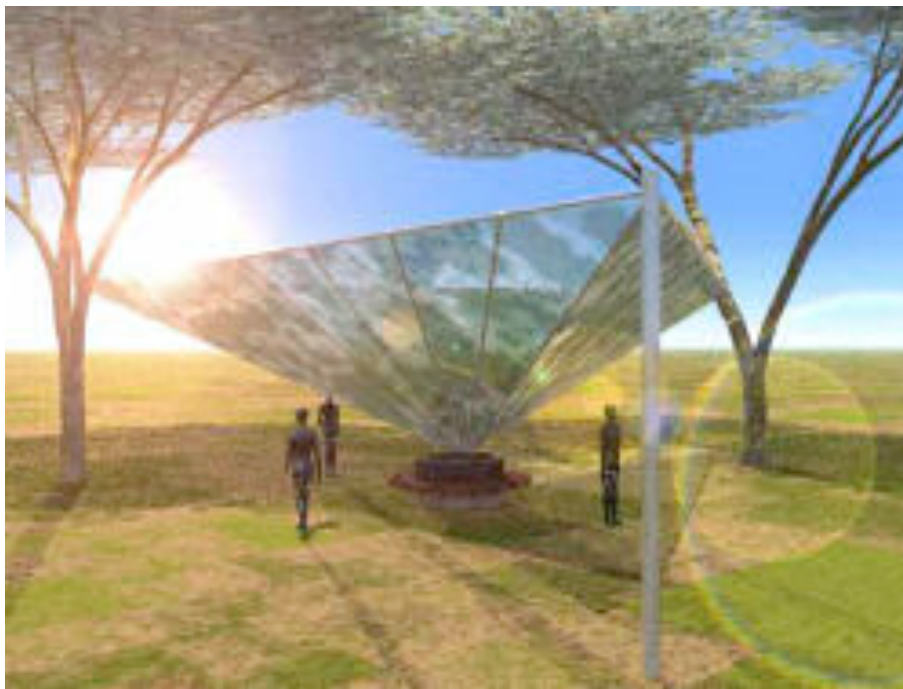


Figura 1. Prototipo desarrollado (Malka y Cory, 2007)

Una unidad de este aparato con un área de recolección de  $29 \text{ m}^2$  es capaz de extraer un mínimo de  $48 \text{ L d}^{-1}$  de agua dulce. Según sus inventores dependiendo de la cantidad de dispositivos de recolección que sean empleados, podría llegar a lograrse un suministro de agua capaz de abastecer las necesidades de la población de toda una zona, lo que sería de especial utilidad en áreas remotas.

Además el WatAir se puede incorporar con facilidad tanto en entornos urbanos como rurales, base su diseño vertical y diagonal se vale de la gravedad para incrementar las áreas de recolección (La flecha, 2008).



Figura 2. Air2water

Otra empresa desarrollo el Air2water, que consiste en un generador atmosférico de agua, que extrae el aire hacia un filtro electrostático, remueve el 93% de las partículas que hay en el aire. Conforme la máquina recolecta agua, ésta se gotea en una charola e inmediatamente pasa por un filtro de luz ultravioleta (UV), un período de aproximadamente 30 min, esto mata el 99% de los gérmenes y las bacterias que existen en el agua. Después, el agua se bombea a través de una malla de sedimento hacia una bomba de 24 voltios y regresa al pasar por dos bloques de carbono sólido y un microfiltro de agua aprobado por la NSF 53 (prueba superior de estándares de Estados Unidos) que remueven 99% de cualquier químico orgánico volátil que pueda tener el agua. De ahí, pasa por una malla compuesta de calcio y minerales, dónde se bombea a un tanque de reserva, el agua se

recicla cada hora por los rayos ultravioleta y regresa al tanque de reserva, donde se enfría o calienta y que lista para los consumidores (Figura 2).

Algunas de las especificaciones técnicas son las siguientes:

Dimensiones: 38.1 cm de ancho, 40.64 cm de largo y 69.85 cm de alto.

Peso: 35kg

Tasa de la producción del agua: 500ml h<sup>-1</sup>

Volumen máximo de agua: 7 L

Capacidad que dispensa inmediata máxima: 6 L

Potencia clasificada: 523 - 635 voltios

Sistema de la filtración: Membrana Cartidge de Hyflux uF

Temperatura del agua: 20°C mínimo - máximo 40°C

Temperatura del agua de alimentación: mínimo. 5°C - máximo 40°C

Indicadores: Extractor del filtro del carbón

En México Medina (2006), desarrollo un dispositivo que condensa la humedad atmosférica (Figura 3), cuyas características principales son las siguientes:

Peso aproximado: 4 a 5 kg

Potencia: 1/8 hp

Voltaje 127 V

Frecuencia: 60Hz

Según los datos reportados en la literatura este dispositivo, trabaja con:

Velocidad de entrada: 1.27 m s<sup>-1</sup>

Velocidad de Salida: 0.984 m s<sup>-1</sup>

Temperatura interior de refrigeración: -10 °C

Humedad relativa: 50%

Su operación consiste en un sistema de refrigeración que trabaja durante 20 min para que llegue a su estado óptimo de refrigeración que es una temperatura de -10°C, además requiere de una temperatura ambiente de 23°C y una humedad relativa de 50%. Después de

1 h de trabajo el sistema de refrigeración en conjunto con el ventilador, este se apaga y se acciona la resistencia de deshielo, con la finalidad de que la humedad que se retuvo en el evaporador en forma de escarcha, se obtenga en forma líquida.

El resultado de la condensación de humedad es la suma de las entradas de aire obtenidas por el ventilador.

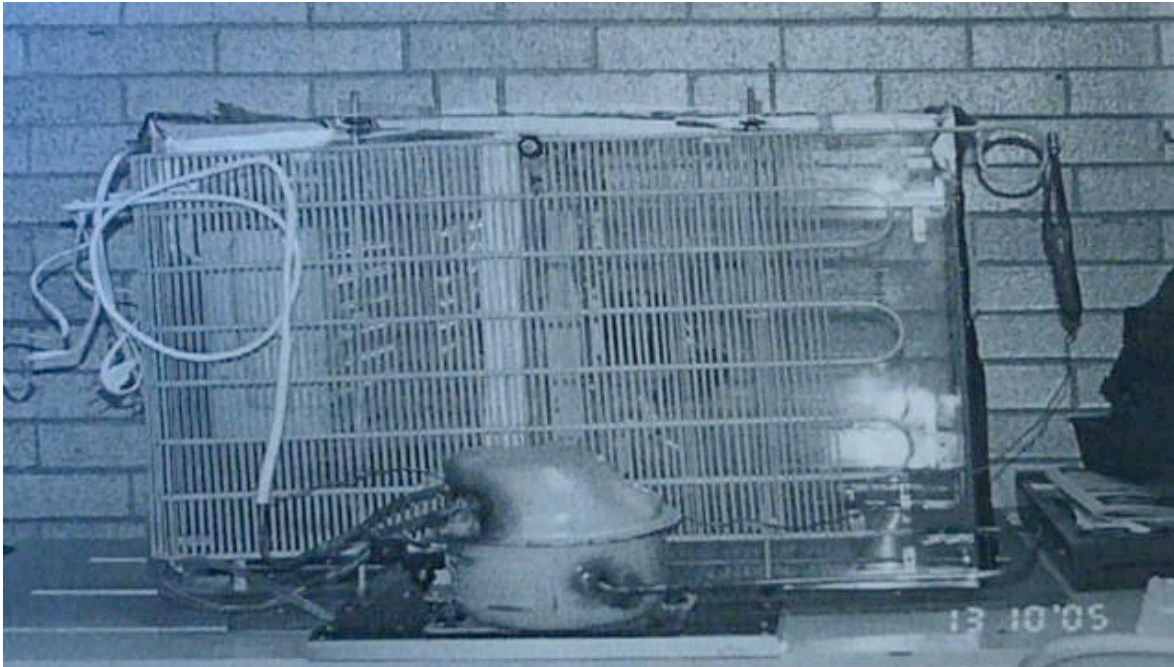


Figura 3. Dispositivo para condensación de humedad ambiental (Medina, 2006)

Se realizaron en una hora 13 entradas de aire con una duración de 50 s por 4 min de recuperación del sistema.

Con esto se tiene que el tiempo total de recuperación de la humedad ambiental fue de 10 min de condensación, pero se invirtieron 58 min y 10 s para obtener 100 ml de agua.

## 2.4 La atmósfera

Del griego atmos-aire, vapor, aliento; y sphaira-esfera. Es una capa gaseosa alrededor del planeta, la cual se integra por capas esféricas que se separan por zonas de transición. Se considera que el límite superior alcanza una altitud aproximada de 1000 km, en que aun se

encuentran gases dispersos. Más del 99% del total de la masa atmosférica se concentra en los primeros 40 km sobre el nivel del mar. Y las capas atmosféricas están caracterizadas por diferencias en la composición química, lo cual produce variaciones en la temperatura (Figura 4).

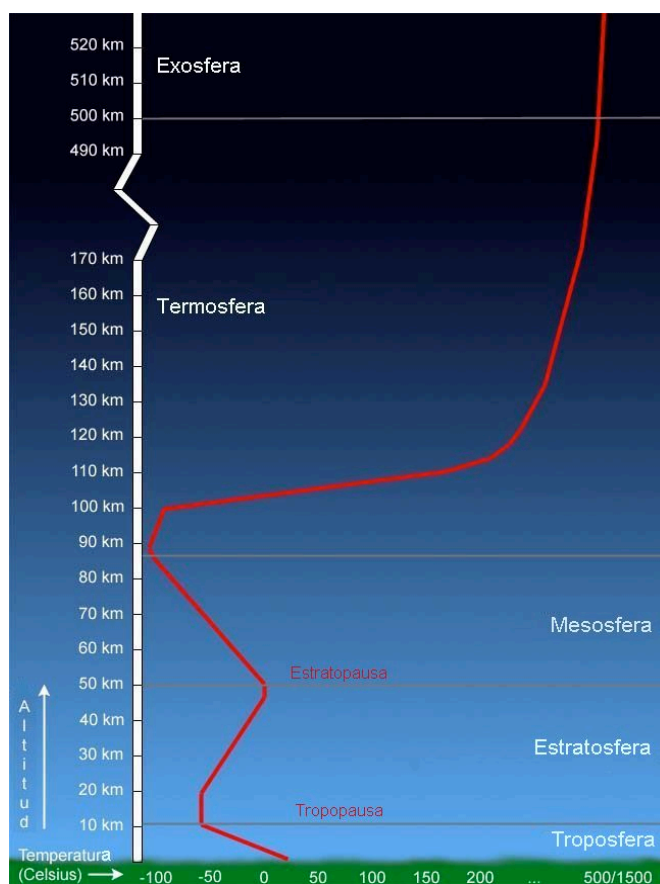


Figura 4. Estructura de la atmósfera alta y temperatura de las diferentes capas.

La atmósfera terrestre se integra por capas de diferentes características, que se clasifican de acuerdo con su perfil térmico. Sólo en las tres más cercanas a la superficie terrestre se ha detectado presencia constante de agua. La mesosfera que se encuentra aproximadamente de 50 a 90 km y se le considera la capa más fría de la atmósfera con una temperatura promedio de  $-85^{\circ}\text{C}$ , a pesar de considerarse prácticamente seca, se encuentran nubes que se forman por cristales de hielo.

La estratosfera se localiza de 15 a 60 km de altitud, con una temperatura que alcanza los

20°C debido al calentamiento que produce la absorción de radiación ultravioleta por parte de la llamada capa de ozono, y contiene menos de 1% de agua.

La troposfera es la parte inferior de la atmósfera la cual se encuentra de 0 hasta 12 km, donde se desarrolla el tiempo atmosférico, en esta se concentra  $\frac{3}{4}$  partes de la atmósfera y alrededor de 99% del agua atmosférica; su profundidad varía con la latitud y la estación del año.

#### **2.4.1 Composición atmosférica**

El aire en la atmósfera, (principalmente en la troposfera) está compuesto principalmente por: La mezcla de gases, Agua (sólida, líquida o gaseosa) y partículas en suspensión.

**La mezcla de gases.** Está compuesto de nitrógeno (78 %), oxígeno (21 %) y gases inertes, hidrógeno, dióxido de carbono (0.1%) y vapor de agua (0.9%).

**El agua (sólida, líquida o gaseosa).** La concentración del vapor de agua en la atmósfera es variable espacial y temporal, pero su proporción promedio en un volumen de mezcla de aire es del orden de 1%, por lo que puede considerarse como el tercer gas más abundante en la atmósfera; y la mitad del agua atmosférica se concentra en los dos primeros kilómetros (Casas y Alarcón, 1999).

**Las partículas en suspensión (sólidas o líquidas).** En la atmósfera existen partículas líquidas y sólidas en suspensión, lo cual se denomina aerosol atmosférico (pequeñas partículas sólidas, líquidas en el aire) que interactúan con la radiación solar y terrestre, de acuerdo con su ubicación espacial, composición química y concentración.

La procedencia de estas partículas es muy diversa y la importancia de estas, radica en que incorpora una gran variedad de compuestos orgánicos y de origen químico, que actúan como núcleos de condensación del vapor de agua presente en la atmósfera. Esto provoca incluso la formación de nubes a alturas inferiores a las que en principio correspondería y por tanto, favorece la probabilidad de precipitación (Casas y Alarcón 1999).

### **2.4.2 Dinámica atmosférica**

La dinámica de la atmósfera responde a la presencia y evolución de las masas de aire que están en la troposfera. En las partes más bajas de la troposfera el aire no es homogéneo, presenta grandes diferencias en cuanto a temperatura, humedad y estabilidad, debido a la distribución de la radiación solar y a la presión ejercida sobre la Tierra. Esto da lugar a que se puedan diferenciar unas masas de aire de otras. Desde el punto de vista termodinámico existen dos tipos de masas de aire: masas de aire frío y masas de aire cálido. Por su origen geográfico se distinguen: el aire ártico, el aire polar, el aire tropical y el aire ecuatorial.

Finalmente, según las influencias sufridas durante su recorrido a partir del lugar de origen, se distinguen las masas de aire continental y las masas de aire marítimas. Cuando se forman las masas de aire, éstas no son estáticas sino que experimentan desplazamientos que dan lugar a la dinámica atmosférica, responsable de los fenómenos atmosféricos que se producen en la troposfera.

Se ocasionan movimientos verticales de las masas de aire, la mayoría de las veces, a las variaciones de temperatura que se relacionan con la altura o a causa de la presión.

La presión atmosférica también origina movimientos horizontales que se relacionan con la distribución de la radiación solar y el calentamiento diferencial de la superficie terrestre (Rincón del Vago, 2008<sup>a</sup>).

### **2.4.3 Gradientes adiabáticos**

Se define como la variación de temperatura que experimentan las masas de aire en movimiento vertical (Wikipedia, 2008<sup>a</sup>).

Cuando el aire asciende en la atmósfera, se desplaza de una zona de mayor presión a otra de menor presión, por lo que el aire se expande y se va enfriando. La temperatura del aire desciende en la troposfera hasta  $-50^{\circ}\text{C}$  debido a una disminución de la presión, de la densidad del aire y el efecto de la gravedad.

Cualquier proceso que no hay transferencia de calor en el aire se llama un proceso adiabático. Por el contrario, se llaman no adiabáticos aquellos procesos en los que se comunica o se quita calor.

El proceso de enfriamiento y calentamiento por los movimientos ascendentes o descendentes es un proceso adiabático, es decir no existe un intercambio de calor con el medio ambiente exterior; el calor es constante, no hay ni ganancia ni pérdida de calor. Lo que existe es una expansión o compresión de los gases. El aire es mal conductor térmico y los movimientos se producen con rapidez.

En las proximidades de la superficie de la Tierra los procesos no adiabáticos son muy frecuentes porque el aire intercambia calor fácilmente con la superficie que tiene debajo. En los niveles altos, como el aire está alejado de las fuentes de calor se producen procesos adiabáticos.

La variación de temperatura que experimenta una masa de aire en movimiento vertical, a calor constante se llama gradiente adiabático. Se representa mediante una serie de diagramas de temperatura denominados curvas de evolución.

Si el aire no está saturado y no se suministra calor, se dice que el proceso es adiabático seco, y los cambios de temperatura se deben por completo a expansiones o contracciones.

Dicha variación se estima en  $1^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m de altitud y se denomina gradiente adiabático seco. Teniendo en cuenta el principio físico por el cual una masa de aire aumenta su temperatura si se comprime en tanto que si se expande, disminuye: la masa de aire en elevación se expande debido a que la presión que soporta es menor con la altura; por tanto, su temperatura también desciende debido a que la fricción de las moléculas de aire es menor, no hay que olvidar que no hay intercambio de calor, la disminución de la temperatura durante el ascenso se debe al efecto de una menor presión.



En la práctica el descenso de temperatura es menor de  $1^{\circ}\text{C}$ , debido al contacto al subir y a las turbulencias, siendo en realidad de  $0.65^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m de altitud a este descenso real se denomina gradiente térmico vertical de la atmósfera.

A medida que se asciende la humedad relativa del aire va aumentando hasta alcanzar el punto de rocío; esto produce la condensación del vapor y la liberación del calor latente de vaporización, lo que hace disminuir el ritmo de descenso de la temperatura entre  $0.3$  y  $0.6^{\circ}\text{C}$  cada 100 m. Esto se explica porque el paso de gas a líquido es una reacción que libera calor, se refuerza su flotabilidad o velocidad de ascenso, pero disminuye su ritmo de enfriamiento. El gradiente que se da con fenómenos de condensación es lo que se llama gradiente adiabático húmedo o saturado, el cual no tiene un valor constante, ya que varía con la temperatura.

## **2.5 El agua en la atmósfera**

La cantidad de agua que contiene la atmósfera constituye  $0.0009\%$  del agua existente en el planeta, su importancia es vital, ya que participa en procesos de regulación de temperatura, en el ciclo del agua en fenómenos climáticos y hoy en día representa una oportunidad para obtener agua para uso humano. Es la principal forma de agua atmosférica el vapor de agua, el cual está siempre en el ambiente, incluyendo los desiertos (Martínez, 2007).

### **2.5.1 Agua atmosférica y contaminación**

El proceso de destilación natural que se logra con la evaporación (el agua se evapora dejando atrás sales y otros compuestos acompañantes), se enturbia debido a la contaminación atmosférica, y no solo afecta los sitios en donde se emite, sino que tiene la potencialidad de ser transportada, mezclarse con otros contaminantes y alterar el agua de lluvia en varias generaciones de nubes, hasta que se precipitan a la superficie.

En el interior de una nube, gotas de agua (o cristales de hielo), gases y partículas (núcleos de condensación de nubes) llevan a cabo de manera continua numerosas reacciones químicas. La parte soluble de las partículas entra a las gotas y participa en sus reacciones.

La composición de los núcleos de condensación depende de su origen: natural cuando

proviene de desiertos, erupciones volcánicas, el mar, organismos vivos o artificial, como subproducto de actividades humanas. Las partículas menos solubles, como polvo y polen, pueden quedarse en el aire sin reaccionar hasta que son arrastradas por lluvia o transportadas a otros sitios. Algunos gases también logran penetrar a las gotas, que cambian las características del agua de lluvia (Martínez, 2007).

### **2.5.2 Humedad atmosférica**

Una gran parte de las actividades bióticas en la superficie terrestre, incluyendo el grado de bienestar de las personas y los ecosistemas, dependen de la cantidad de humedad en la atmósfera.

Pidwirny (1999), señala que el termino humedad atmosférica se utiliza en climatología y meteorología para describir la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera. También se puede definir como un recurso natural renovable y autosustentable debido a la dinámica generada por los procesos de calentamiento y enfriamiento de la superficie del suelo y del agua, los que a su vez inciden en la evaporación, la transpiración y el movimiento del aire, lo que permite que siempre exista vapor de agua en la atmósfera.

Álvarez (1992) menciona que la humedad atmosférica es uno de los gases más importantes en la atmósfera (troposfera) ya que genera muchos de los fenómenos que determinan el tiempo y el clima que influye en:

- El balance de radiación (efecto invernadero)
- El almacenamiento y transferencia de calor latente.
- Es el origen de los fenómenos de condensación y sublimación (nubes e hidrometeoros).
- Es uno de los elementos que condicionan el confort climático.

El aire de la atmósfera se considera normalmente como una mezcla de dos componentes: *aire seco* y vapor de *agua*. El agua es la única sustancia de la atmósfera que se puede condensar (vapor a líquido), solidificar (vapor a sólido), sublimar (sólido a vapor) o evaporarse (pasar de líquido a vapor) en las condiciones ambientales que se conocen en la Tierra. Este hecho justifica la división del aire atmosférico en aire seco y vapor de agua, y

además provocan una gran cantidad de fenómenos meteorológicos como la lluvia, el rocío, las nubes etc.

La capacidad de la atmósfera para retener vapor de agua se relaciona con la temperatura del aire, la cual se puede expresar en términos de humedad absoluta y relativa con los conceptos de humedad absoluta y humedad relativa.

### 2.5.3 Humedad absoluta

Es la cantidad de vapor de agua que contiene un volumen de aire dado, se expresa en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire ( $\text{g v} \cdot \text{kg a}^{-1}$ ), (Álvarez, 1992).

Otra definición dice que es la cantidad de agua que puede sostener el aire de la atmósfera, es variable en función de la temperatura. El aire caliente sostiene más vapor de agua que el aire frío hasta un límite máximo

Manrique y Cárdenas (1995) definen la humedad absoluta como el cociente de la masa de vapor de agua en el ambiente entre la masa de aire seco, que se expresa en la siguiente fórmula.

$$w = \frac{m_v}{m_a} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

$w$  = humedad absoluta

$m_v$  = masa del vapor de agua en la mezcla de aire-vapor

$m_a$  = masa de aire seco

En el cuadro 1 se presenta la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede sostener a una temperatura dada, se expresa en: gramos por kilogramo de aire seco. Es importante observar que la relación entre la cantidad de vapor de agua y la temperatura no es lineal sino que es exponencial.

Cuadro 1.- Cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener a una temperatura

Temperatura °C	g de vapor de agua por kg de aire seco
50	88.12
40	48.81
30	27.69
20	14.85
10	7.76
0	3.84

Fuente: Pidwirny (1999)

A peso de volumen constante de aire seco con el mismo contenido de vapor de agua, la humedad relativa cambia en función de la temperatura, por ejemplo, 1 kg de aire seco a 10°C contiene 7.76 g de agua, (Cuadro 1) en este estado la humedad correspondería a la humedad absoluta y dado que esta a saturación su humedad relativa es de 100%, si se aumenta la temperatura de esa cantidad de aire, sin modificar la cantidad de agua, incrementaría la capacidad para sostener más vapor de agua y la humedad relativa disminuye.

#### 2.5.4 Humedad relativa

La humedad relativa es definida como el cociente de la presión parcial del vapor en la mezcla, entre la presión de saturación del vapor a la temperatura de la mezcla (Manrique y Cárdenas, 1995).

$$HR = \left( \frac{P_v}{P_g} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

$HR$  = Humedad relativa %

$P_v$  = Presión parcial del vapor de la mezcla

$P_g$  = Presión de saturación del vapor a la temperatura de la mezcla.

Se expresa en tanto por ciento y está normalizada de forma que la humedad relativa máxima posible es el 100%, se puede calcular también por medio de la siguiente fórmula:

$$f = \left( \frac{112 - 0.1T + T_d}{112 + 0.9T} \right)^8 \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

$f$ = Humedad relativa

$T$ = Temperatura °C

$T_d$ = Temperatura del punto de rocío

La humedad relativa del 100% significa un ambiente en el que no cabe más vapor de agua, este estado corresponde a un ambiente húmedo en el cual el cuerpo humano no puede transpirar y la sensación de calor puede llegar a ser asfixiante. La humedad del 0% corresponde a un ambiente seco, donde se transpira con facilidad.

Cuando la humedad alcanza el valor del 100% se produce el fenómeno de condensación que se observa en las madrugadas, debido a que la humedad relativa del aire alcanza el 100% y el aire no admite ya más agua, entonces el agua se condensa en forma líquida en la superficie fría de metales, vidrios, hojas, flores etc. También se alcanza el 100% de humedad cuando se usa agua caliente en un lugar cerrado como por ejemplo un cuarto de baño, parte del agua caliente se evapora y el aire de la habitación alcanza con rapidez el 100% de humedad.

### **2.5.5 Tensión de vapor en la saturación (e<sub>s</sub>)**

Es la tensión de vapor que ejercen las moléculas de vapor de agua contenidas en un volumen de aire cuando este contiene todo el vapor de agua que es capaz de contener, es decir que está saturado a la temperatura del aire existente.

Se define como la fuerza que a cada temperatura, la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas.

La tensión de vapor en la saturación se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$e_s = 6.11e^{\left(\frac{17.27 \cdot T}{237.3 + T}\right)} \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

$e_s$  = Tensión de vapor en la saturación

$T$  = Temperatura del aire °C

### **2.5.6 Tensión de vapor actual (e)**

Es la tensión que ejerce el vapor de agua contenido en un momento dado por el aire, indica la cantidad de vapor de agua que existe en el aire.

### **2.5.7 Medición de la humedad relativa**

La humedad relativa se mide por medio de un psicrómetro, que consiste en dos termómetros, uno de los cuales tiene su ampolla cubierta con una funda de muselina empapada de agua. Los termómetros se ventilan por rotación y debido al enfriamiento producido por la evaporación, el termómetro humedecido, marca una temperatura menor que el termómetro seco; esta diferencia en grados se conoce con el nombre de depresión del termómetro húmedo. Las temperaturas de aire y del termómetro húmedo se utilizan para obtener expresiones de la humedad por medio de las tablas psicrométricas.

La medición de la humedad relativa es uno de los procedimientos instrumentales menos precisos en meteorología. El psicrómetro estándar provoca muchos errores de observación. Los termómetros duplican la posibilidad de errores de lectura. A bajas temperaturas un

error en la lectura de decimos de grado puede producir resultados absurdos. Además existe la posibilidad de que las lecturas se hagan cuando el termómetro húmedo no marque el mínimo de temperatura; existiendo errores con sesgos positivos debido a la ventilación insuficiente, la funda de muselina demasiado gruesa o sucia, y el uso de agua impura (Figura 5).



Figura 5. Psicrómetro

**Estación meteorológica automatizada.** Es una estructura o dispositivo dotado con sensores que responden a estímulos electrónicos (Figura 6).

La estación meteorológica tiene la capacidad de registrar y coleccionar información meteorológica en forma automática y en tiempo real, que permite monitorear la variación de la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, humedad foliar, dirección y velocidad del viento, lluvia, temperatura del suelo y presión atmosférica.

La medición de las condiciones del tiempo atmosférico se realizan generalmente cada 15 min y los datos son transmitidos a una computadora central (Medina y Grageda. 2008).

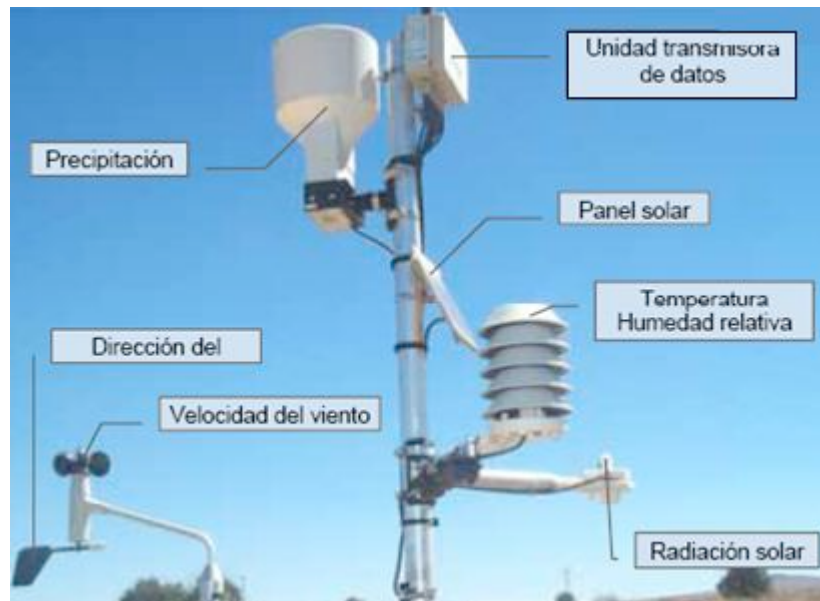


Figura 6. Estación meteorológica automatizada (Medina y Grageda. 2008).

### 2.5.8 Temperatura del aire

La temperatura es la medida del contenido de calor de un cuerpo o del medio ambiente. El calor equivale a la energía calorífica que contiene. Se mide con el sensor que se denomina termómetro y se expresa en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ).

La temperatura del aire sufre variaciones que depende de diversos factores, entre los se pueden destacar los siguientes:

**Variación diurna:** Es el cambio de temperatura entre el día y la noche, producido por la rotación de la Tierra. Durante el día la radiación solar es, en general, mayor que la terrestre, por lo tanto la superficie de la Tierra se torna más caliente, y en la noche al sufrir ausencia de la radiación solar, sólo actúa la radiación terrestre, y consecuentemente, la superficie se enfría. El valor mínimo de temperatura se registra alrededor de las 7:00 h y un máximo entre las 14:00 y 16:00 h (Arteaga, 1993).

**Variación estacional:** Se debe a la inclinación del eje terrestre y el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del sol, lo cual da como resultado las estaciones del año en forma diferente para los dos hemisferios.



**Variación con la latitud:** La mayor inclinación de los rayos solares en altas latitudes, hace que se genere menor energía solar sobre estas regiones, siendo mínima en los polos. Sin embargo, en el Ecuador los rayos solares llegan perpendiculares, siendo allí la máxima cantidad de energía.

**Variaciones con el tipo de superficie:** la distribución de continentes y océanos produce un efecto importante en la variación de la temperatura, debido a sus diferentes capacidades de absorción y emisión de la radiación. Las grandes masas de agua tienden a minimizar los cambios de temperatura, mientras que los continentes permiten variaciones considerables en la misma.

**Variaciones con la altura:** En la troposfera, la temperatura decrece con la altura y esto se define como gradiente vertical de temperatura y es en promedio de 6,5°C por cada 1000 m (Álvarez, 1992).

### **2.5.9 Carta psicométrica**

Una carta psicométrica (Figura 7) es la representación gráfica del equilibrio entre la mezcla de un vapor y un gas y el líquido que da origen al vapor (Pilatowsky, 1993).

Para cada sitio específico se puede estimar una carta psicométrica construyéndose a una presión determinada; la más común se basa en 760 mm de Hg o bien 101.325 kpa de presión.

En estos diagramas, cada estado del aire se representa por un punto, y cada proceso psicrométrico por una línea. El eje horizontal representa la temperatura del bulbo seco, mientras el eje vertical representa la humedad específica (Valiente, 1999).

En la misma carta aparecen las líneas de humedad relativa constante, las cuales terminan en la línea de saturación en donde la humedad relativa es igual a 100% (Manrique y Cárdenas 1995).

La información que contiene la carta psicrométrica, es la que a continuación se menciona:

- 1.-Temperatura de bulbo seco del aire
- 2.-Temperatura de bulbo húmedo del aire
- 3.-Temperatura de rocío del aire húmedo
- 4.-Contenido de Humedad del aire (masa de agua/masa de aire seco)
- 5.-Humedad relativa del aire (%)
- 6-Volumen específico del aire húmedo (Volumen de aire húmedo/masa de aire seco)
- 7.-Entalpía específica del aire húmedo (Entalpía del aire húmedo/masa de aire seco)

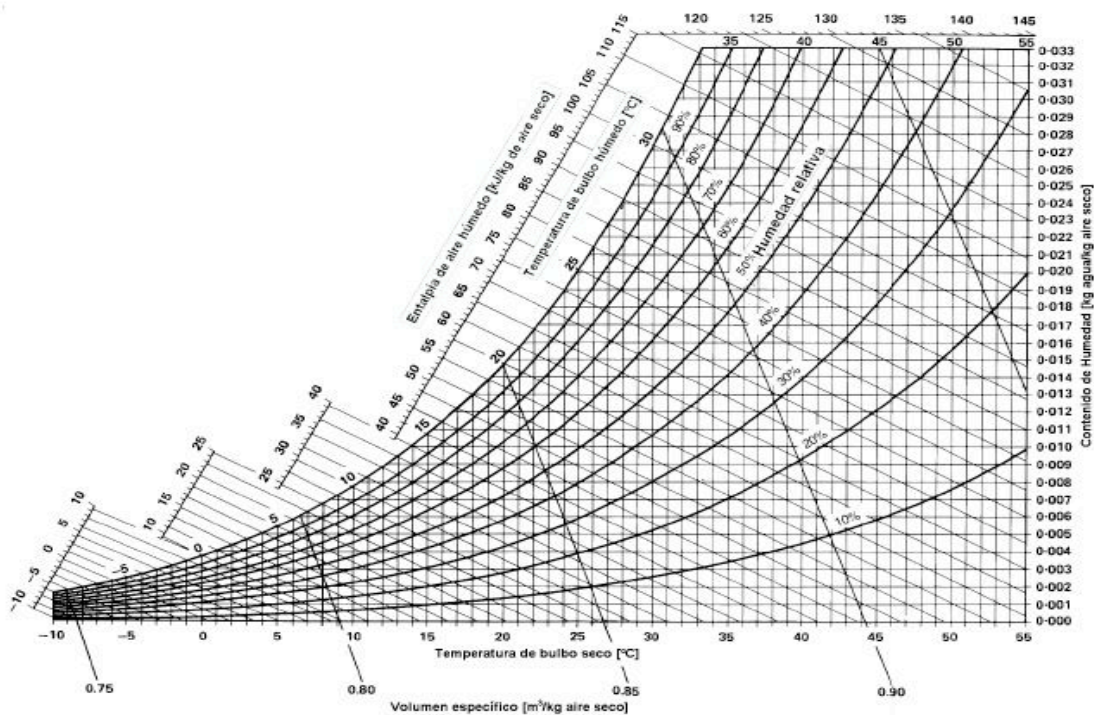


Figura 7. Carta Psicrométrica para mezclas de aire y vapor de agua a una presión de 101.325 kpa (Valiente, 1999).

La lectura de la carta se logra con dos datos cualquiera, entre los listados anteriormente. Con ellos se ingresa a la tabla y se encuentra una posición única (Hernández 1995).

### 2.5.10 Punto de rocío

El rocío es un tipo de precipitación que consiste en pequeñas gotas que se depositan en las superficies frías; cuando la temperatura desciende tanto que llega al punto de rocío, en ese momento la humedad relativa del 100% hace que el agua se condense.

El punto de rocío se asocia con la humedad relativa, y Pidwirny (1999) lo define como la temperatura a la cual una masa de aire saturada de vapor de agua condensa en líquido o sólido formando lluvia, nieve, hielo o rocío.

El punto de rocío normalmente ocurre cuando una masa de aire tiene una humedad relativa de 100%, esto ocurre en la atmósfera como resultado de enfriamiento ocasionado por diferentes procesos. Otra manera de explicar esto consiste en que si se mantiene constante la cantidad de agua del ambiente y se disminuye la temperatura llega un momento en que se alcanza la humedad relativa del 100%. Este momento es el *punto de rocío* y su temperatura la *temperatura de rocío*.

Según Linsley (1994) para el cálculo de la temperatura del punto de rocío se puede utilizar esta fórmula:

$$T - T_d = (14.55 + 0.114T)X + (2.5 + 0.007TX)^3 + (15.9 + 0.117T)X^{14} \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

$T_d$  = Punto de rocío °C

$T$  = Temperatura °C

$X$  = Complemento de la humedad relativa  $f$  expresada como fracción decimal, o  $X = 1.00 - f / 100$

Esto significa que para cada valor de humedad relativa existe un punto de rocío, por lo que este puede variar, que depende de la temperatura y de la humedad relativa.

Cualquier objeto de una habitación que tenga una temperatura menor que la temperatura de rocío se presenta condensación en sus paredes por este fenómeno. Así ocurre cuando se

saca una lata de refresco de un refrigerador y se sitúa en una mesa la temperatura es seguramente menor que la del rocío en ese ambiente y se observa que la lata se humedece.

### **2.5.11 Condensación**

Se denomina condensación al proceso físico que consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida (Wikipedia, 2008<sup>b</sup>).

La condensación, tiene lugar bajo circunstancias cambiantes, que van asociadas a la variación de los siguientes factores: Volumen de aire, temperatura, presión, viento y humedad.

Y la condensación se presenta cuando:

- La temperatura del aire disminuye, permaneciendo constante su volumen y el aire se enfría hasta el punto de rocío.
- Al aumentar el volumen del aire sin suministro de calor, se da un enfriamiento, por lo tanto hace que la energía se consuma en trabajo.
- La disminución de temperatura y volumen reduce la capacidad de contener humedad del aire por debajo del contenido de humedad existente.
- Aumenta la evaporación que añade humedad al aire.

Las circunstancias favorables para la condensación son comunes cuando existe descenso de la temperatura del aire; es decir, enfriamiento por contacto, mezcla de masas de aire a distintas temperaturas y enfriamiento dinámico de la atmósfera, por ejemplo, cuando pasa aire cálido y húmedo sobre una superficie de tierra fría.

La mezcla de dos capas distintas dentro de una sola masa de aire, o la mezcla de dos masas de aire distintas, también puede producir condensación.

La adición de humedad al aire cerca de la superficie por evaporación tiene lugar cuando el aire frío se desplaza sobre una superficie de agua caliente (Barry y Charley, 1985).

## **2.6 Leyes fundamentales que rigen el aire en la atmósfera**

### **2.6.1 Primera Ley de la termodinámica**

“La suma total de la energía del universo es una cantidad constante; esta energía no puede incrementarse, disminuirse, crearse o destruirse” (Resnick, 1993).

Esta ley se aplica a todo proceso de la naturaleza que parte de un estado de equilibrio y termina en otro, se dice que si un sistema está en estado de equilibrio se puede describir con constantes del sistema como presión, volumen, temperatura, campo magnético, entre otros (Rincón del vago, 2008<sup>b</sup>).

### **2.6.2 Segunda Ley de la termodinámica**

"La cantidad de entropía de cualquier sistema aislado termodinámicamente tiende a incrementarse con el tiempo". Es decir, cuando una parte de un sistema cerrado interacciona con otra parte, la energía tiende a dividirse por igual, hasta que el sistema alcanza un equilibrio térmico.

La segunda ley explica si ocurren o no tales procesos y a menudo se dice que esta ley sigue la dirección de la “flecha del tiempo”, significa que los sistemas evolucionan naturalmente con el tiempo en una dirección pero no en la otra (Resnick, 1993).

## **2.7 Evaluación económica**

La evaluación de un proyecto es el proceso de medición de su valor, que se basa en la comparación de los beneficios que genera y los costos o inversiones que requiere. (Monografías, 2008).

Según Baca (2006), la evaluación es la parte fundamental del estudio, dado que es la base para decidir sobre el proyecto, y depende en gran medida del criterio que se adopta de acuerdo con el objetivo general del mismo.

La evaluación de un proyecto se puede realizar de dos maneras según el objetivo o entidad a favor de quien se quiera evaluar: el proyecto puede ser juzgado desde el punto de vista privado (financiero) y desde el punto de vista ecológico-social (económico).

Este mismo autor propone una metodología que se basa en indicadores económicos como la Tasa Interna de Retorno (TIR), la Relación Beneficio-Costo (B/C) y el Valor Actual Neto (VAN), para calificar la rentabilidad del proyecto.

### 2.7.1 Valor actual neto

El VAN se define como el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos que se descuenta a la inversión inicial, o bien actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés ("la tasa de descuento"), y compararlos con el importe inicial de la inversión, y se calcula con la ecuación (6):

$$VAN = \sum_{t=1}^T \frac{Bt - Ct}{(1 + i)^t} \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

VAN = Valor actual neto (\$)

Bt = Beneficios de cada año (\$)

Ct = Costos de cada año (\$)

i = Tasa de interés (%)

T = Número de periodos de análisis o de vida útil del proyecto

t = Cada periodo del proyecto (año 1,2,...,T)

Para aceptar un proyecto las ganancias deben ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por resultado que la VAN será mayor que cero, en caso contrario se recomienda rechazar el proyecto (Moctezuma, 1977).

### 2.7.2 La tasa interna de rentabilidad

La TIR, es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, o bien la tasa de interés que en un proyecto de inversión iguala los ingresos con los egresos. La TIR representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo (capital e interés) se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo (Baca, 2006).

La expresión matemática formal de la TIR, ecuación (7), la cual es una tasa de actualización que iguala el VAN a cero:

$$TIR = \sum_{t=1}^T \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t} = 0 \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

TIR = Tasa interna de retorno (%)

Bt = Beneficios de cada año (\$)

Ct = Costos de cada año (\$)

i = Tasa de interés (%)

T = Número de periodos de análisis o de vida útil del proyecto

t = Cada periodo del proyecto (año 1,2,...,T)

$(1+i)^{-1}$  = Factor de actualización

Matemáticamente la TIR a valores presentes se estima de acuerdo con Baca (2006), como sigue:

$$TIR = \pm P + \sum_{j=1}^m F(P/F, i, j) \pm A(P/A, i, m) \dots\dots\dots(8)$$

Donde:

P = Valor presente

A = Anualidad

F = Valor futuro

i = interés

m= Años

j = Año base de análisis

F (P/F, i, j) =Valor futuro dando un valor presente

A (P/A, i, m) = Valor presente dada una anualidad

Determinando el valor de la TIR de la obra, se compara con la tasa de rendimiento mínima atractiva (TRMA) para elegir si el proyecto es rentable o no. Esta TRMA es una tasa de interés que el dinero gana en una institución de inversiones y la comparación es:

Si  $TIR > TRMA$  se gana en la inversión.

Si  $TIR < TRMA$  se pierde en la inversión.

Si  $TIR = TRMA$  no se gana ni se pierde.

### 2.7.3 Relación beneficio costo

La relación B/C es el cociente que resulta de dividir el valor actual de la corriente de beneficios entre el valor actual de la corriente de costos, habiendo elegido una tasa de actualización adecuada.

Se utiliza para evaluación de inversiones gubernamentales o de interés social. Tanto los beneficios como los costos no se cuantifican como se hace en un proyecto de inversión privada, sino que se toman en cuenta criterios sociales.

De acuerdo con Baca (2006), la relación beneficio/costo se calcula mediante la ecuación (9):

$$\frac{B}{C} = \left[ \frac{\sum_{t=1}^T \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{Ct}{(1+i)^t}} \right] \dots\dots\dots(9)$$



Donde:

$B_t$  = Beneficios de cada año (\$)

$C_t$  = Costos de cada año (\$)

$i$  = Tasa interés (%)

$T$  = Número de periodos de análisis o de vida útil del proyecto

$t$  = Cada periodo del proyecto (año 1,2,...,T)

La relación B/C es una forma práctica y útil en la determinación de si es o no un proyecto es recomendable, donde según Baca (2006), la regla de operación es la siguiente:

Si  $B/C > 1$ , la obra es costeable.

Si  $B/C < 1$ , la obra es incosteable.

Si  $B/C = 1$ , existe una indecisión.

Los beneficios pueden ser directos o indirectos e intangibles:

**Beneficios directos.** Corresponde a los ingresos que obtienen los participantes en el proyecto.

**Beneficios indirectos.** Estos reflejan el impacto del proyecto en el resto de los integrantes de la sociedad a través de la afectación de la producción o el consumo de un producto de otra actividad.

**Beneficios intangibles.** Estos beneficios son difíciles de medir monetariamente, aunque no tanto de identificar por ejemplo; efecto sobre el medio ambiente, la redistribución del ingreso hacia zonas marginadas, entre otros.

Los costos pueden ser directos e intangibles:

**Costos directos.** Son los correspondientes a los insumos físicos que se utilizan; sueldos y salarios; gastos de mantenimiento de plantas y equipos con vida útil de menos de un año; seguros, entre otros.

**Costos intangibles.** Entre los costos intangibles se encuentran los que se derivan al implementar un proyecto afectando a la sociedad; por ejemplo la contaminación ambiental, el rompimiento del equilibrio ecológico, entre otros.

## **2.8 Evaluación técnica**

La **viabilidad técnica** se evalúa ante un determinado requerimiento o idea para determinar si es posible llevarlo a cabo satisfactoriamente y en condiciones de seguridad con la tecnología disponible, verificando factores diversos como resistencia, durabilidad, operatividad, implicaciones energéticas, mecanismos de control, según el campo del que se trate (Wikipedia 2008<sup>c</sup>).

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Evaluar técnica y económicamente una fuente alternativa al abasto de agua del PLAN ACUARIO mediante la captación por condensación del vapor del agua de la humedad atmosférica.

### **3.2 Objetivo particular**

Evaluar la viabilidad técnica de obtener agua de la humedad atmosférica como probable fuente de abasto de agua.

Determinar la cantidad de agua que se puede obtener de la atmósfera, por medio de un condensador de la humedad atmosférica.

Calcular y comparar el costo de obtener agua por medio de un condensador, con el costo de abastecer agua a una persona con el PLAN ACUARIO.

### **3.3 Hipótesis**

- El ambiente atmosférico contiene la suficiente cantidad de vapor de agua que se puede ser condensar en un volumen suficiente para su uso.
- El higroimán\* (ver metodología) permite regular la temperatura de su superficie de contacto, por debajo del punto de rocío, lo cual permite la condensación de la humedad atmosférica.
- El higroimán es viable técnica y económicamente para condensar la humedad atmosférica.
- El higroimán es una alternativa viable al plan acuario.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización del sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en una casa habitación del Distrito Federal, cuyas coordenadas son: latitud norte 19° 24' 26.53" y longitud oeste 99°08' 35.23", con una altura de 2240 m (Google earth, 2008).

### 4.2 Características del sitio de estudio

#### 4.2.1 Clima

En el sitio de estudio (delegación Cuauhtémoc) se identificó un clima C(w), lo que significa que está comprendido en el grupo de climas templados, esto es con temperatura media del mes más frío entre -3° y 18°C (García, 1973) .

En la Figura 8 se observa la temporada húmeda en el Distrito Federal la cual abarca de mayo a octubre, habiendo mayor precipitación entre los meses de junio y agosto.

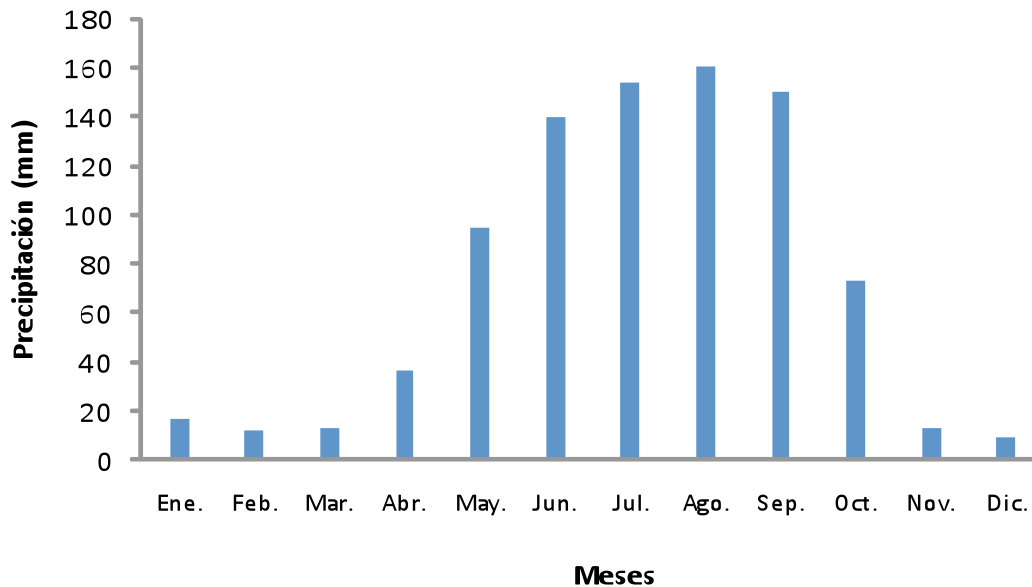


Figura 8. Precipitación promedio de la Ciudad de México

El patrón de las lluvias indica que son más abundantes mientras mayor sea la altitud de un sitio. Por ello, las partes bajas cercanas al vaso del lago de Texcoco suelen ser más secas que las cumbres del Ajusco.

La altitud condiciona la temperatura y los ecosistemas en el Distrito Federal. La zona que comprende el norte de Iztapalapa, los territorios de Iztacalco y Venustiano Carranza y el oriente de Gustavo A. Madero es la región más seca y templada.

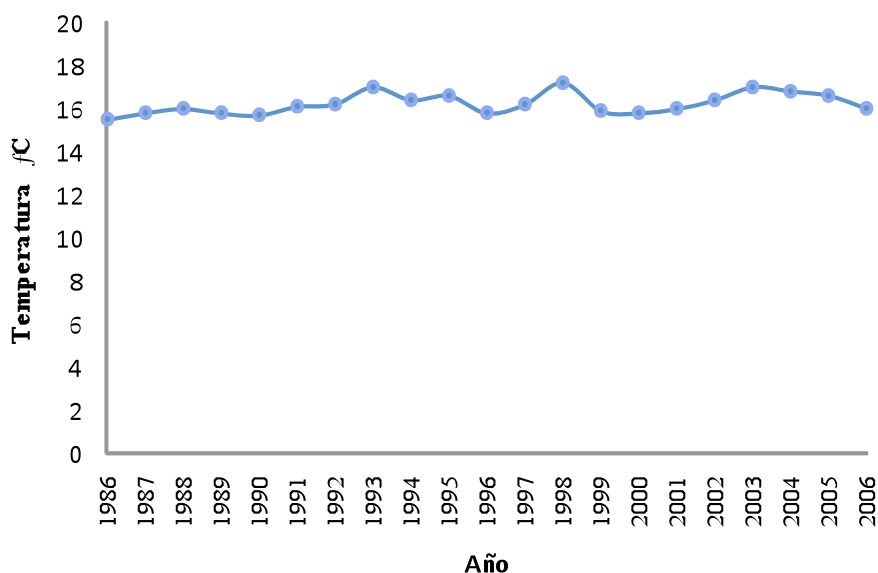


Figura 9. Temperatura promedio anual en la Ciudad de México de 1986 a 2006.

La tendencia de la temperatura promedio anual en la Ciudad de México desde 1986 se observa en la Figura 9, la cual varía entre 15°C y 17°C.

La humedad relativa (Figura 10) en la ciudad durante las horas de luz solar, a pesar de una ligera baja en el porcentaje de humedad promedio de la ciudad entre 1998 y 2000, la tendencia es de 1986 ha ido en aumento, alcanzando niveles promedio de humedad muy altos en los últimos años. Además de dicho comportamiento también es posible observar una disminución en los cambios de los registros de humedad relativa a lo largo de los últimos años (Paasel, 2007).

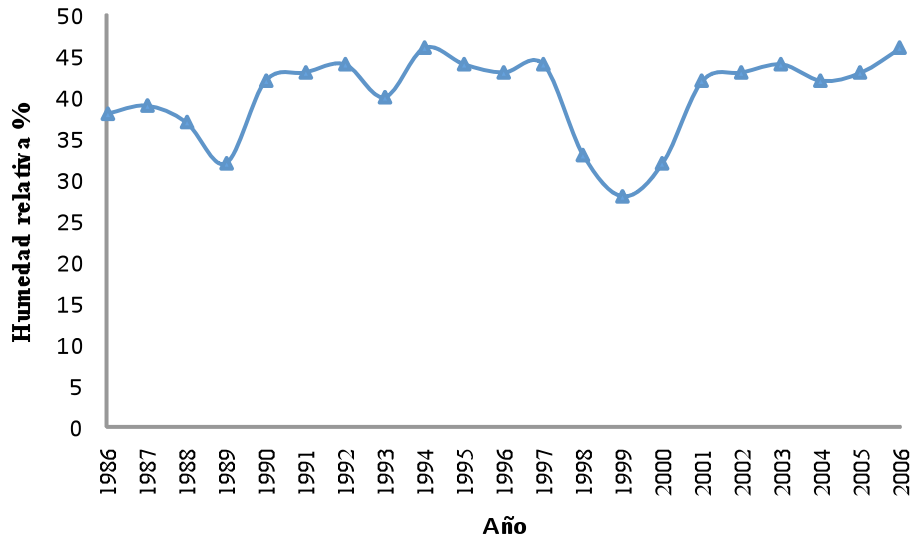


Figura 10. Humedad Promedio anual en la Ciudad de México de 1986 a 2006.

### 4.3 Higroimán

El higroimán es un prototipo propuesto como innovación tecnológica por el Dr. Jorge L. Tovar Salinas, el cual consiste en un circuito cerrado herméticamente, que consta de los siguientes componentes: 1) compresor, 2) filtro, 3) tubo capilar, 4) condensador 5) Evaporador 6) termostato, 7) dos termómetros, 8) ventilador. El cual tiene como finalidad recuperar el agua que se encuentra en el medio ambiente en forma de vapor por medio de condensar el agua del ambiente (Figura 11).

#### 4.3.1 Funcionamiento

Debido a que es un circuito cerrado contiene un volumen constante de gas freón cuya circulación en el circuito se origina en el compresor (1), el cual como su nombre indica comprime el gas freón, esta compresión es de tipo exotérmico, en el caso del R – 12 su punto de evaporación a la presión atmosférica es de  $-29.781\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se dice que el coeficiente de comportamiento de un refrigerante es la medida de su eficiencia en utilizar la energía gastada en el compresor en relación con la energía absorbida durante la evaporación. Mientras menos energía necesite el refrigerante para comprimirse, mayor será el coeficiente de comportamiento en el sistema (Hernández, 1995).

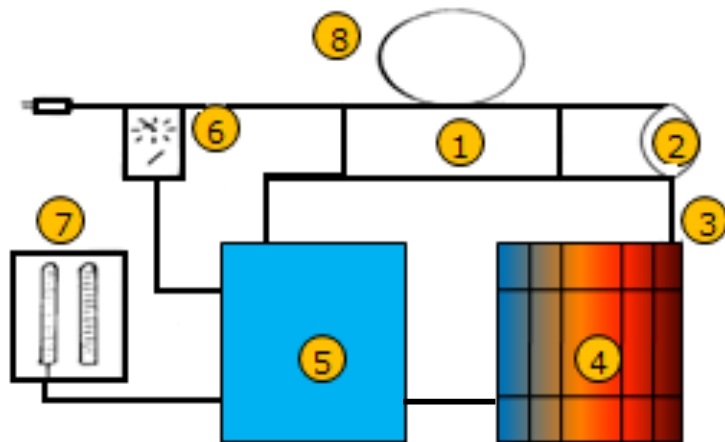


Figura 11. Diagrama del higoimán

Al comprimir el gas freón aumenta su densidad y se licua, pasa por un filtro (2) y un tubo capilar (3) para aumentar su presión, de aquí pasa al condensador (4) donde pierde calor y llega en forma de gas al evaporador (5), bajando la temperatura de éste, este gas nuevamente llega al compresor para cerrar el circuito.

El ventilador (8) regula la temperatura del motor para evitar un sobre calentamiento, también tiene un termostato (6) contiene 7 niveles que regulan la temperatura del evaporador por debajo de la temperatura ambiental en un rango de  $-20$  a  $7$  °C, y permite que la humedad relativa del ambiente se condense o sublime sobre la superficie del evaporador, dependiendo del nivel al cual se trabaje. El termómetro doble (7) permite conocer tanto la temperatura de la superficie del evaporador como la del ambiente.

Este prototipo tiene las siguientes dimensiones: Equipo refrigerante  $1.85 \times 0.50 \times 0.50$  m; evaporador  $1.35 \times 0.30 \times 0.32$  m ( $1.7$  m<sup>2</sup> placas); peso aproximado de 10 kg, y requiere para su funcionamiento de 115 V y 60 Hz.

#### 4.3.2 Estación meteorológica

En la Figura 12 se muestra la estación meteorológica automatizada que se utilizó para realizar esta investigación es un modelo iMETOS ® sm la cual cuenta con un panel solar

donde obtiene la energía necesaria para funcionar y mide las siguientes variables meteorológicas, humedad relativa, temperatura ambiental, radiación solar, evapotranspiración, por medio de un modem celular que tiene chip telefónico la información se transfiere a un servidor, donde accede a la siguiente página electrónica <http://www.metos.at/fieldclimate> proporciona datos en línea que pueden ser descargados en un algún programa de base de datos (Metos, 2008).



Figura 12. Estación Meteorológica

### 4.3.3 Medidor de energía

El wathorímetro monofásico es un dispositivo que registra el consumo de energía eléctrica en KWh. Los medidores electromecánicos utilizan bobinas de corriente y de tensión para crear corrientes en un disco que, bajo la influencia de los campos magnéticos, produce un giro que mueve las agujas de la carátula. El giro es proporcional a la potencia que se consumida por el circuito. A mayor potencia más rápido gira el disco y por lo tanto registra un mayor consumo de energía (Figura 13).





Figura 13. Watthorímetro

## 4.4 Metodología

Para lograr los objetivos, así como la validación de las hipótesis que se plantea en el presente trabajo se procedió a: instalación, toma de datos y operación del prototipo, estación meteorológica y medidor de luz; toma de muestras de agua obtenidas con el higoimán para análisis microbiológico y químico, con la información obtenida realizar la viabilidad técnica y económica del prototipo.

### 4.4.1 Instalación

#### Higoimán

La instalación se realizó en la azotea del domicilio a nivel del piso 2240 m y posteriormente a 1.2 m ( 2241.1), al aire libre, con el fin de estar en contacto con la humedad atmosférica.

#### Estación Meteorológica

La estación meteorológica fue instalada primero a una altitud de 2241.1 y 2240 m a una distancia de 30 cm del prototipo.

#### Medidor de energía

Este dispositivo fue conectado entre el higoimán y la toma de electricidad para cuantificar la cantidad de energía eléctrica que consume el prototipo para obtener agua, por un intervalo de tiempo de 50 y 170 min.

#### **4.4.2 Toma de datos de humedad relativa y temperatura**

La humedad relativa y la temperatura atmosférica se registraron cada hora en la estación meteorológica automatizada durante 82 días, información que se procesó para obtener los valores promedios diarios y por hora, así como identificar el día y la hora donde se presentó los eventos máximos y mínimos de: humedad relativa y temperatura ambiental.

La muestra seleccionada fue de 28 días, debido a que cada nivel de operación se trabajó por día a dos alturas diferentes (14 días) y dos horarios diferentes de toma de lecturas de datos cada hora y cada tres h (14 días), con lo anterior se obtuvieron los valores promedios diarios y por hora, además de ubicar la máxima y mínima humedad relativa y temperatura atmosférica. Además se realizó un análisis de las variables de humedad relativa y temperatura ambiente para verificar que la muestra es representativa del período de estudio.

#### **4.4.3 Operación**

##### **Higroimán**

En los 28 días de estudio además de considerar la humedad relativa y temperatura ambiental que se registró con la estación meteorológica, se tomaron datos adicionales de volumen de agua obtenido con el higroimán, consumo de energía, la temperatura del serpentín y temperatura del medio ambiente a 30 cm del serpentín, lo cual se describe a continuación.

Paso 1. La operación del higroimán fue manual para cada uno de los niveles del termostato, se dejó funcionar cada nivel durante 24 y 15 h (19:00 -10:00 h) a 2241.1 y 2240 m.s.n.m. respectivamente.

Paso 2. Se desconectó el equipo cada 50 min, para tomar lecturas de volumen de agua, temperatura del evaporador y del ambiente a 30 cm del serpentín.

Paso 3. Se utilizó el higroimán de 19:00 -10:00 h y se repitió el paso 2 con la modificación de que se desconectó el aparato cada 170 min., a las alturas antes mencionadas.

### **Estación Meteorológica**

La estación meteorológica iMETOS ® sm se instaló para tomar las variables meteorológicas de humedad relativa y temperatura del ambiente cada hora; los datos recolectados se transmitieron directamente a un servidor, que se consultaron vía internet.

### **Medidor de energía**

La operación del medidor es automática y se realiza de manera simultánea con el higroimán, el consumo energético se obtiene al tomar la lectura inicial menos la final, de manera directa del medidor.

#### **4.4.4 Viabilidad Técnica**

##### **Evaluación Técnica**

El prototipo se evaluó técnicamente con los datos los 28 días de muestra, en función de los 7 niveles de operación de enfriamiento y empleando la siguiente información: volumen de agua, consumo de energía, humedad relativa y temperatura ambiente, se procesó esta información en el Programa SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System - Sistema de Análisis Estadístico) utilizando el método de Tukey para observar si existen diferencias significativas entre la operación de los niveles y el consumo de energía.

##### **Eficiencia del hidroiman**

La eficiencia del higroimán se determinó calculando el volumen de agua obtenido en 1 KWh, tomando en cuenta el volumen máximo obtenido por nivel, utilizando la siguiente expresión se obtuvo la eficiencia:

$$\eta = \frac{1xB}{A} \dots\dots\dots(10)$$

Donde:

$\eta$  = Eficiencia (%)

$B$  = Máximo volumen de agua obtenido por nivel de operación

$A$  = Volumen de agua obtenido por 1 KWh

### **Temperatura de rocío teórica**

Con las cartas psicométricas **Anexo D**, y con en base en la altitud del lugar de estudio (2240 y 2241.1 m) se obtuvo la temperatura de rocío teórica con los datos de la estación meteorológica (humedad relativa y temperatura ambiental) y se comparó con la temperatura del evaporador por nivel de operación.

### **Frigoría**

Para determinar la cantidad de energía que se necesita para sustraer a un kilogramo de agua a 15,5 °C, a la presión normal, para reducir su temperatura en 1 °C, se calculó las frigorías, lo cual mide la absorción de energía térmica, con la siguiente ecuación.

$$Q = mc(\Delta t) \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

$Q$  = Cantidad de calor absorbido Kcal °C

$m$  = masa del agua en kg

$c$  = Calor específico del agua Kcal ( kg °C)<sup>-1</sup>

$\Delta t$  = Diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura del serpentín °C

### **Cantidad de m<sup>3</sup> de aire teóricos necesarios para obtener 1 L de vapor de agua**

Para determinar la cantidad de m<sup>3</sup> necesarios para obtener 1 L de agua, se utilizó la carta psicométrica y los datos promedios de humedad relativa y la temperatura se calculó el contenido de humedad en el aire g(humedad)/ kg(aire); después se consideró una densidad del aire de 1.3 kg/m<sup>3</sup>, lo cual se multiplicó por la humedad absoluta obtenida, finalmente se relacionó de forma lineal la cantidad de aire en m<sup>3</sup> con el contenido de humedad, y se estimó para obtener que 1 L de vapor de agua.

### **Comparación del hidroiman con otros condensadores de humedad**

Con la información de la revisión de literatura sobre los dispositivos para obtener agua del aire, se compararon las características de manera general con el hidroiman.

#### **4.4.5 Toma de muestras de agua y análisis microbiológico y químico**

Para obtener las muestras de agua se encendió el higoimán de 19:00 a 7:00 h durante tres días, para obtener una muestra por día. El agua que se obtuvo se filtró y se depósito en un recipiente esterilizado de 100 ml.

Al obtener las muestras de agua se les realizó un análisis microbiológico (Coliformes fecales) y químico (pH, conductividad eléctrica, cationes y aniones) en los laboratorios del Colegio de Postgraduados.

Los resultados se compararon con los límites dados por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización" **Anexo A**, para conocer si es o no agua potable.

#### **4.4.6 Evaluación Económica**

Para llevar a cabo la evaluación económica se consideró los costos siguientes: higoimán, consumo de energía eléctrica, mantenimiento y mano de obra; y los beneficios: obtención de agua así como minimizar los inconvenientes de trasladar el agua de una fuente de abastecimiento hasta llegar a las comunidades que requieren este líquido, y con los indicadores económicos VAN, TIR y B/C, se determinó la viabilidad del proyecto.

#### **Costo de agua del Plan Acuario**

El costo que reporta la literatura del agua distribuida por el Plan Acuario es de \$13.93 m<sup>3</sup>, lo que hay que agregar el costo de combustibles, sueldos de choferes entre otros, se consideró que un chofer gana 3 salarios mínimos por día, tomando en cuenta que el salario mínimo es de \$52.59 (SAT, 2008), y utilizando un camión cisterna que distribuye 10 m<sup>3</sup>, además se estima que con la fuente de abastecimiento, combustible e imprevistos se contempla \$23.016, adicionales.

Finalmente el costo de energía de obtener agua por medio del condensador de humedad se comparó con los costos del Plan Acuario.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Análisis de la humedad relativa y la temperatura ambiental

La humedad relativa y la temperatura son fenómenos meteorológicos que cambian constantemente a lo largo del día, y determinan la cantidad de agua que se obtiene con el higrómetro, por esta razón se presenta un análisis de estas dos variables, con promedios diarios y por hora; en el período comprendido del 14 de marzo al 3 de junio del 2008 en el lugar de estudio, los datos respectivos se encuentran en el **Anexo B**.

Los valores promedios diarios de la humedad relativa y la temperatura ambiental se observan en la Figura 14; la humedad relativa máxima se presentó el día 29 de abril con un valor de 69.83% que corresponde también a ese día el registro del mínimo valor de la temperatura ambiente con 15.48 °C, el mínimo valor medido de la humedad relativa fue el día 11 de abril con 23.75% con una temperatura media de 22.85 °C, sin embargo la máxima temperatura se registró el 7 de mayo con 32.78 °C y una humedad relativa de 42.18%.

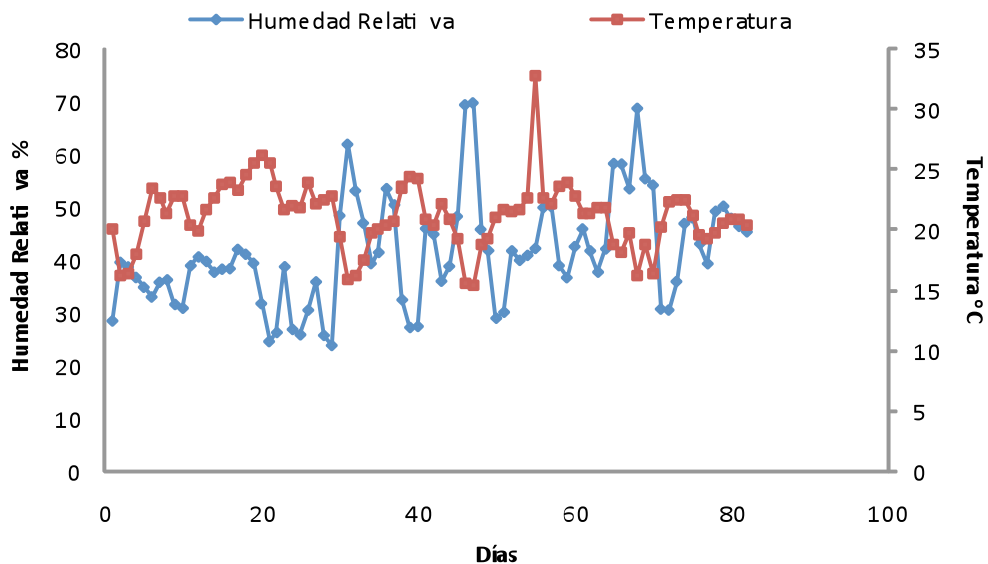


Figura 14. Humedad relativa y temperatura ambiental promedio por día durante el periodo comprendido del día 15 de marzo al día 3 de junio del 2008.

En la Figura 15, se observa el comportamiento de la humedad relativa y temperatura ambiental promedio por hora durante los 82 días de estudio.

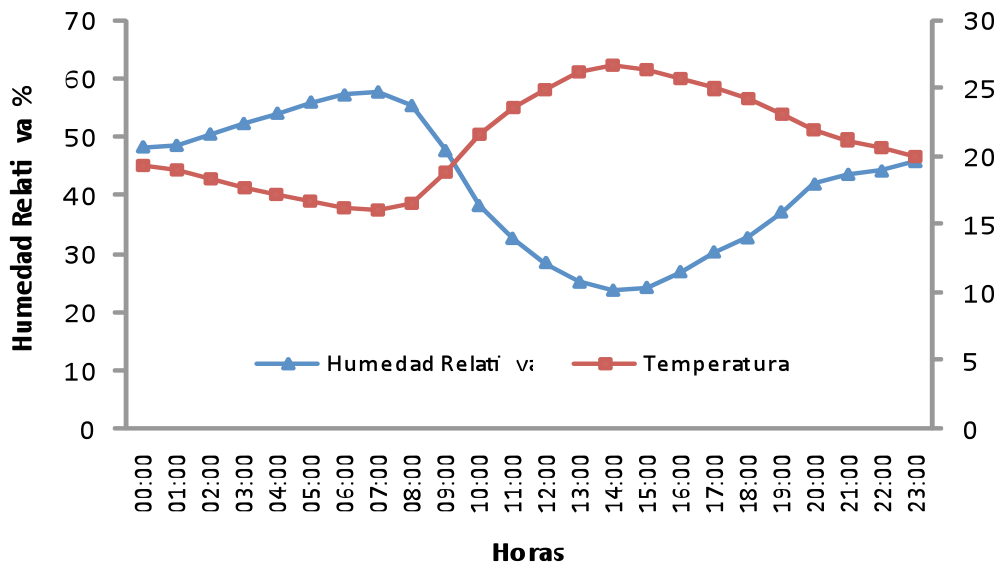


Figura 15. Humedad relativa y la temperatura ambiente promedio durante el periodo comprendido del día 15 de marzo al día 3 de junio del 2008.

El valor máximo y mínimo de la humedad relativa promedio fueron: 57.56 % a las 7:00 h y de 23.69% a las 14:00 h, respectivamente, que coinciden con Arteaga (1993) el cual menciona que la humedad relativa máxima promedio se presenta a las 7:00 h y la mínima promedio de las 14:00 a 16:00 h.

El evento por día y hora donde se presentará la mayor y menor humedad relativa, fue el 23 de abril a las 20:00h con una humedad máxima de 90%, lo cual difiere con Arteaga (1993) en este caso la radiación solar y la presión de vapor disminuyeron, lo cual influyó para que la humedad relativa aumentara, e incluso a esa hora se registró precipitación; el día 3 abril en un horario de 14:00, 15:00, 16:00 y 17:00 h, se presentó el valor mínimo de humedad que fue de 10%, lo que coincide con Arteaga (1993).



La temperatura ambiente promedio por hora para buscar el valor máximo y mínimo promedio; las cuales fueron de 26.61 ° C a las 14:00 h y de 16.10 ° C a las 7:00 h respectivamente.

El día 22 de abril a las 13:00 h se presentó el valor máximo de temperatura de 32.6 ° C y el día 16 de marzo a las 7:00 h con un valor mínimo de temperatura de 5.3 ° C, lo que coincide con Arteaga (1993).

La temperatura del aire y la humedad relativa guardan una relación estrecha cuando se mantiene constante la tensión real de vapor de agua, y es una relación inversamente proporcional como se observa en las Figuras 15 y 16. Esto se explica cuando el nivel de saturación de vapor de agua en la atmósfera y como el límite del contenido de vapor de agua (tensión de vapor saturado) necesario para la saturación crecen a medida que aumenta la temperatura del aire.

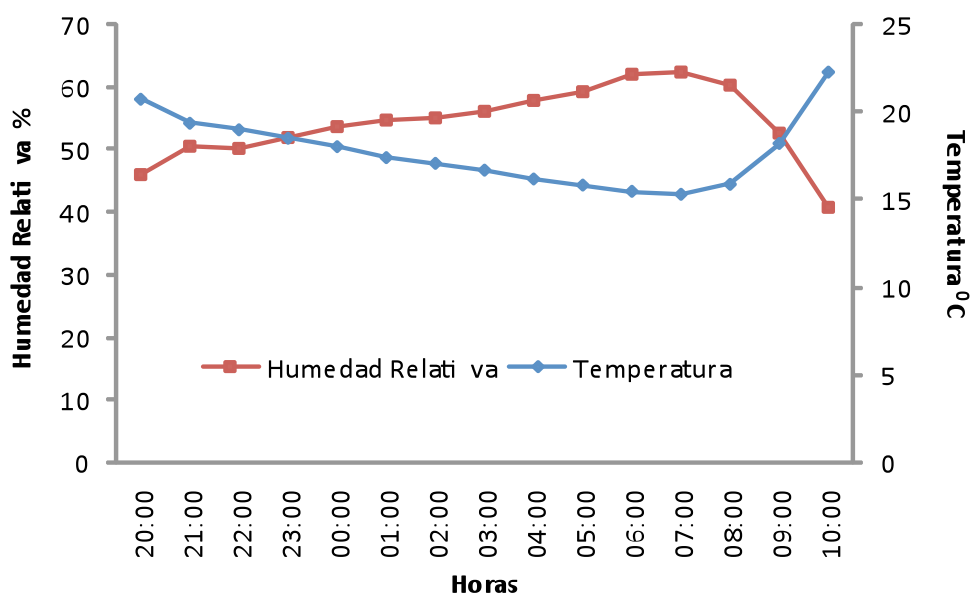


Figura 16. Humedad relativa y la temperatura ambiente promedio por hora durante 28 días del muestreo.

A continuación se presenta el análisis de las variables de humedad relativa y temperatura ambiente para verificar que la muestra es representativa del periodo de estudio.

En la Figura 18 se presenta el comportamiento de la humedad relativa observada y medida durante los meses de marzo, abril, mayo y 3 días de junio (periodo de estudio) y de los 28 días tomados como muestra de datos.

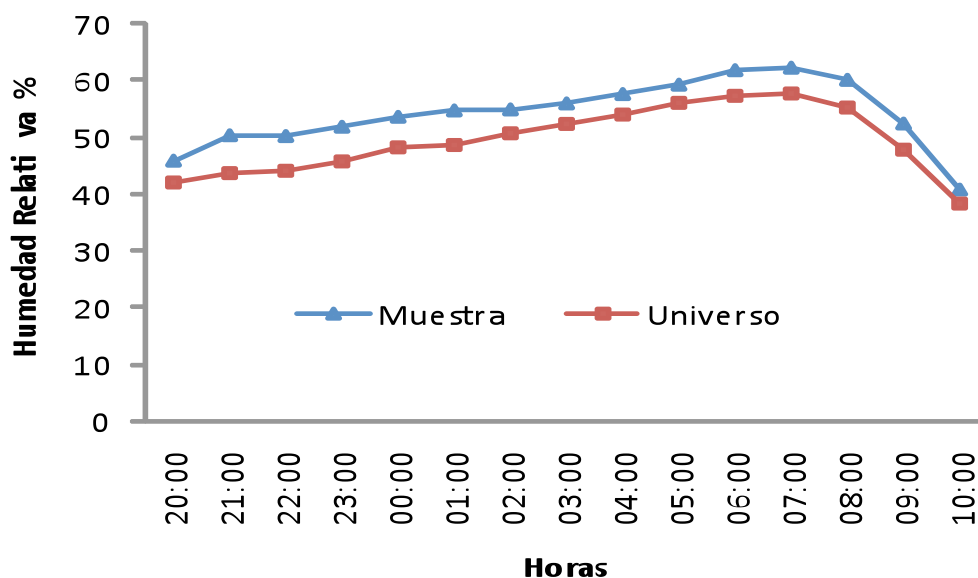


Figura 17. Comportamiento de la humedad relativa promedio por hora, durante 82 y 28 días del muestreo.

De lo anterior se obtuvo que la humedad relativa máxima y mínima promedio del muestreo fueron de 62.2% a las 7:00 h y 40.69% a las 10:00 h. Los valores máximos y mínimos de humedad relativa fueron de 89% a las 21:00 h y 20% a las 20:00 h respectivamente

La temperatura máxima promedio fue de 27.7% a las 10:00 h y la mínima de 10.9 °C a las 6:00, 7:00 y 8:00 h, mientras que el evento de temperatura máxima fue de 22.31 °C a las 10:00 h, y el valor mínimo observado de 15.28 °C a las 7:00 h.

En la Figura 17 se presenta el comportamiento de la temperatura durante los 82 días en los que se llevo a cabo el experimento y se compara con lo que sucedió en la muestra de datos de 28 días tomados en cuenta dentro del estudio.

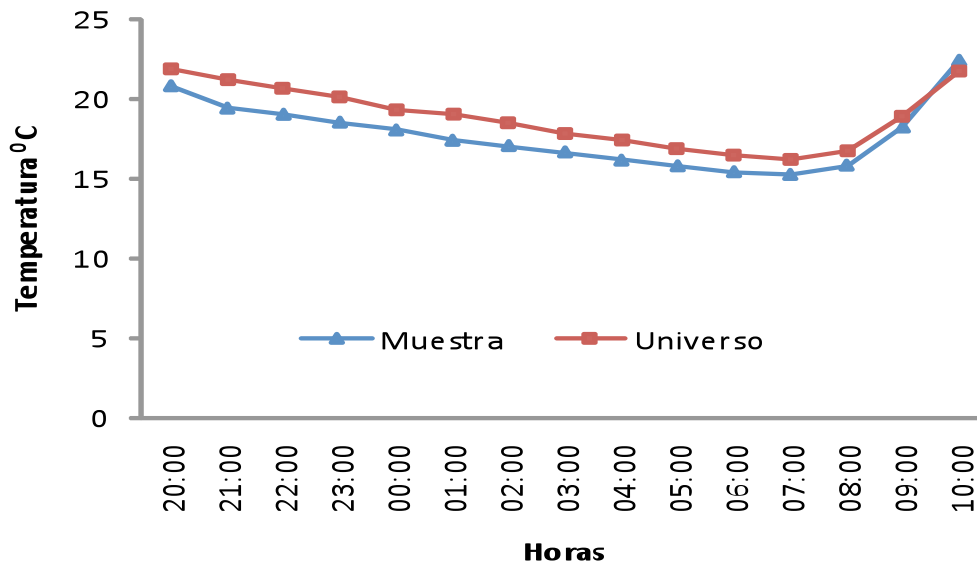


Figura 18. Comportamiento de la temperatura promedio por hora, durante 82 y 28 días del muestreo.

Debido a que cada día es un evento independiente con respecto al comportamiento de las variables de humedad relativa y temperatura a lo largo del día no se consideró necesario tomar todos los datos de manera continua de los 82 días de estudio, por esta razón se determinó una muestra de 28 días y 14 h por día para la toma de datos en el horario de 20:00 a 10:00 h, ya que en promedio la mayor humedad relativa se presenta a estas horas lo que influye en la cantidad de agua que se obtiene con el higrómetro.

Las tendencias de los datos mostrados en las Figuras 17 y 18 tienen un comportamiento similar, por lo que se corrobora que las determinaciones de volumen de agua condensado y sublimado, con base en los datos de 28 días contemplados, resultan confiables, al ser una muestra representativa de los 82 días que se registró la humedad relativa y temperatura ambiental.

## 5.2 Viabilidad técnica

En el **Anexo C** se observan los niveles de operación, consumo de energía (KWh), temperatura del evaporador (°C), temperatura ambiente a 30 y 50 cm del aparato (°C), volumen de agua obtenido (ml), temperatura de rocío teórica (°C) promedio de la humedad relativa (%) trabajados a una altitud de 2240 y 2241.2 m respectivamente, los cuales la obtención de estos datos esta descrita en la metodología.

En función de los niveles de operación del higroimán, se realizó la evaluación técnica empleando el consumo de energía y el volumen de agua obtenido; utilizando un análisis de medias por el Método de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) para observar si hay diferencias significativas entre niveles del termostato.

En el cuadro 2 se observa que entre los niveles 5, 6, 7, (grupo A) el consumo de energía y en la obtención de agua es similar, debido a que el rango de temperaturas que trabaja el termostato fluctúa entre (-17 a -4 °C), además está relacionado con el consumo de energía de los niveles 2, 3, 4,(grupo BA) y debido a que trabajan en un rango de temperatura que se encuentra (0 y -7 °C), sin embargo con el nivel 1 hay una diferencia significativa debido a que la temperatura oscila entre (3 a 7 °C).

Cuadro 2. Promedios de consumo de energía, volumen de agua, humedad atmosférica, temperatura, eficiencia y humedad absoluta por cada nivel a una altura de 2240 m empleando el higroimán 1h.

Nivel	Media del consumo de energía (KWh)		Media del volumen de agua (ml)		Media de la humedad relativa %	Media de la Temperatura ambiental (°C)	Volumen (ml KWh)	Eficiencia %	Humedad absoluta g/kg	m <sup>3</sup> de aire **
1	0.35	B	33.133	CB	50.86	16.03	94.66	49.97	7.64	100.684
2	0.44583	BA	56.6	CB	65.1	17.03	126.95	66.88	10.45	73.610
3	0.4205	BA	47.733	B	44.88	20.07	113.51	59.8	8.76	87.811
4	0.52917	BA	62	B	51.57	19.85	117.16	61.72	9.93	77.465
5	0.5375	A	95.867	A	47.05	21.98	178.35	93.96	10.37	74.178
6	0.55	A	104.4	A	54.53	19.09	189.81	100	10	76.923
7	0.54583	A	97.2	A	59.86	18.44	178.07	93.81	10.52	73.120

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

\*\* Cantidad de m<sup>3</sup> que se necesitan para obtener 1 L de agua

En los niveles 3, 4, 5, 6 y 7 el agua que se obtuvo en forma de hielo, debido a que trabaja a la temperatura de escarcha, la cual está debajo del punto de congelación del agua pura, y debido a que se congela en la superficie del evaporador la temperatura de escarcha es diferente.

Los niveles 1,2 (BC) al trabajar en un rango de 0 a 7 ° C alcanzan a condensar la humedad atmosférica, y los volúmenes de agua y el consumo de energía están relacionados, sin embargo al observar el **Anexo C**, la temperatura de rocío teórica y la temperatura del evaporador se ve que existe diferencia y este fenómeno se puede explicar debido a que la primera es del ambiente y la otra se da sobre la superficie del serpentín el cual tiene distinta temperatura de rocío.

La cantidad de m<sup>3</sup> de aire para obtener agua, se utilizan un menor número de m<sup>3</sup> de aire, cuando la temperatura es mayor, ya que según Pidwirny (1999), menciona que a peso constante de aire seco con el mínimo contenido de vapor de agua la humedad relativa cambia en función de la temperatura, sin embargo la obtención de agua con el hidroimán está relacionado con el nivel de operación que se esté utilizando.

En cuanto a la eficiencia para obtener agua del aire, con respecto a la cantidad de energía que consume, se observa que el nivel 6 fue el mejor, sin embargo es importante mencionar que no hay una diferencia significativa con el volumen de agua obtenido el consumo de energía lo que se observa con la prueba de Tukey, siendo el menos eficiente el nivel 1, al tener el nivel más bajo de volumen de agua.

El Cuadro 3 indica que hay diferencia significativa al utilizar el nivel 1 (grupo D) y 7 (grupo A) en el consumo de energía y en la obtención de agua, resultado similar al Cuadro 4, a pesar de que se el higroimán que se utilizó por 3 h continuas, además se observa que los niveles 4 y 5 no hubo diferencia significativa para ambos casos.

Cuadro 3. Promedios de consumo de energía, volumen de agua, humedad atmosférica, temperatura, eficiencia y humedad absoluta por cada nivel a una altura de 2240 m empleando el higroimán cada 3 h.

Nivel	Media del consumo de energía (KWh)		Media del volumen de agua (ml)		Media de la humedad relativa %	Media de la Temperatura ambiental (°C)	Volumen (ml KWh)	Eficiencia %	Humedad absoluta g/kg	m <sup>3</sup> de aire **
1	0.7375	D	95.6	D	53.45	16.265	129.62	38.87	8.16	94.268
2	0.825	DC	100.4	D	34.25	18.905	121.69	36.49	6.2	124.069
3	0.9375	BDC	350	A	71	15.955	373.33	111.95	10.62	72.432
4	0.9875	BAC	270	BC	71.35	16.29	273.41	81.99	10.91	70.506
5	1.0244	BAC	250	C	42.15	19.765	244.04	73.18	8.04	95.675
6	1.0875	BA	341.2	BA	69.9	14.6	313.74	94.08	9.56	80.463
7	1.1875	A	396	A	69.8	12.07	333.47	100	8.07	95.319

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

\*\* Cantidad de m<sup>3</sup> que se necesitan para obtener 1 L de agua

Es importante mencionar que a pesar de que no hubo diferencia entre el consumo de energía con los niveles 3 y 5, el volumen de agua obtenido si muestra una evidente diferencia, debido a que la obtención de agua con el higroimán está relacionada con la humedad relativa.

Además en el Cuadro anterior se observa que al tener una humedad de 71% que trabaja a un nivel de 3 (-5 a -1 ° C), se obtuvo 350 ml, mientras que a un nivel 5 (-13 a -3 ° C) al tener una humedad relativa de 42.15% la cantidad de agua fue 240 ml, esto se puede explicar que al tener una humedad alta se tiene un mayor contenido de agua en un volumen de aire, y entre más fría se mantenga una superficie (evaporador del higroimán) atrae mayor cantidad de moléculas de agua, pero la capacidad de atracción de agua depende directamente de la humedad en el ambiente.

En este caso el nivel 7 fue el más eficiente en cuanto a la obtención de agua y el menos eficiente fue el nivel 2, lo cual se relaciona con la cantidad de humedad relativa que existe en el ambiente.

Cuadro 4. Promedios de consumo de energía, volumen de agua, humedad atmosférica, temperatura, eficiencia y humedad absoluta por cada nivel a una altura de 2241.2 m empleando el higrómetro 1 h.

Nivel	Media del consumo de energía (KWh)		Media del volumen de agua (ml)		Media de la humedad relativa %	Media de la Temperatura ambiental (°C)	Volumen (ml KWh)	Eficiencia %	Humedad absoluta g/kg	m <sup>3</sup> de aire **
1	0.2925	C	26.16	CD	43.104	23.2736	89.43	44.6	10.26	74.973
2	0.3325	BC	40.24	CB	24.074	21.6728	121.02	60.36	5.18	148.500
3	0.3875	BAC	16.72	D	37.12	20.8676	43.14	21.2	7.62	100.948
4	0.3598	BAC	42.24	CB	34.42	22.254	117.39	58.55	7.72	99.641
5	0.3725	BAC	57.56	B	37.66	21.8	154.52	77.069	8.21	93.694
6	0.4325	BA	86.72	A	66.1	16.78	200.5	100	10.44	73.681
7	0.4525	A	51.12	B	28.6	24.426	112.97	56.34	7.34	104.799

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

\*\* Cantidad de m<sup>3</sup> que se necesitan para obtener 1 L de agua

En cuanto al volumen de agua se observa que el nivel 6 y 3 hay diferencias significativas, para el caso de los niveles 2, 4, 5 y 7 no hubo diferencia significativa (Cuadro 6).

El nivel 7 funciona con temperatura que oscilan de (-17 a -4), el promedio de la humedad atmosférica era apenas de 28.6% y el volumen de agua fue de 51.12 ml, esto se explica debido a que la humedad relativa es un factor que determina la cantidad de agua que se obtiene con el higrómetro.

En cuadro 4, se observa que la mayor eficiencia fue en el nivel 6, y el nivel que tuvo la menor eficiencia fue el nivel 3, es importante resaltar que el nivel 7 tuvo una eficiencia apenas del 56.34%, y esto se debe a que en promedio la humedad relativa apenas fue del 28.6%, lo que está relacionado con la cantidad de vapor de agua que hay en el ambiente, que se ve reflejado en estos resultados.

Para este caso (cuadro 5) se observa que el nivel 2 y 7 hay diferencia significativa en el consumo de energía, sin embargo para el volumen de agua el nivel 1 y 7 muestran diferencias significativas de agua 386 y 101.6 ml respectivamente.

Cuadro 5. Promedios de consumo de energía, volumen de agua, humedad atmosférica, temperatura, eficiencia y humedad absoluta por cada nivel a una altura de 2241.2 m empleando el higroimán cada 3 h.

Nivel	Media del consumo de energía (KWh)		Media del volumen de agua (ml)		Media de la humedad relativa %	Media de la Temperatura ambiental (°C)	Volumen (ml KWh)	Eficiencia %	Humedad absoluta g/kg	m <sup>3</sup> de aire **
1	0.625	BC	101.6	C	58.95	18.48	162.56	53.9	10.39	74.035
2	0.5875	C	119.2	C	20.05	38.23	202.89	67.28	11.88	64.750
3	0.8	BC	264.4	BA	59.1	17.54	330.5	109.6	9.8	78.492
4	1.0375	BA	208.4	BC	50.95	16.35	200.86	66.61	7.82	98.367
5	1.0375	BA	278.4	BA	48.12	17.79	268.33	88.98	8.11	94.849
6	0.975	BAC	345.2	A	73.78	15.13	354.051	91.7	10.45	73.610
7	1.29	A	386	A	59.5	18	299.22	100	10.17	75.637

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

\*\* Cantidad de m<sup>3</sup> que se necesitan para obtener 1 L de agua

Se observa que para obtener teóricamente 1 L de agua a una humedad relativa de 48.12% y una temperatura de 17.19 °C, se necesitarían 94.84 m<sup>3</sup> de aire, lo que puede pensarse que es necesario emplear una gran cantidad de m<sup>3</sup> de aire para obtener agua, sin embargo, las masas de aire no son estáticas sino experimentan desplazamientos dando lugar a la dinámica atmosférica, de tal forma que el aire húmedo y seco, continuamente se están reponiendo.

De manera general el nivel 1 y 7 fueron los que presentaron diferencias significativas a distintas alturas, consumo de energía y volumen de agua, mientras que los niveles restantes no mostraron diferencias significativas entre ellos.

La eficiencia mayor se registro utilizando el nivel 3, y esto se debe a que la eficiencia del sistema no solo está relacionada con la cantidad de agua que se obtiene del ambiente, sino también con el consumo de energía que se usa para este fin.

Y el nivel 1 presenta la eficiencia menor, debido a la temperatura que maneja en el serpentín este nivel, no es capaz de obtener mayor cantidad de agua.



En los cuadros 6 y 7 se observa la diferencia que existe entre la temperatura del evaporador y la temperatura de rocío, lo indica que esta diferencia es mayor cuando el nivel de operación tiene mayores temperaturas.

Cuadro 6. Promedios de temperatura del evaporador, temperatura de rocío, volumen de agua, temperatura ambiente y frigorías por cada nivel a una altura de 2241 m empleando el higroimán cada hora.

Nivel	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Diferencia *	Volumen de agua (ml)	Promedio de temperatura (°C)	Frigoría Kcal °C h <sup>-1</sup>
1	4.46	5.24	0.78	31.73	18.212	-436.35096
2	0.6	10.9	10.3	51.73	19.92	-999.4236
3	-2.86	-0.46	2.4	19.73	18.476	-420.95928
4	-5.53	6.3	11.83	53.2	19.1	-1310.316
5	-8.26	7	15.26	71.13	18.34	-1892.058
6	-9.67	9.85	19.52	99.33	12.49	-2201.1528
7	-10.6	5.54	16.14	66.13	21.35	-2112.8535

\*Es la diferencia entre temperatura del rocío y la temperatura del evaporador

A groso modo se observa la cantidad de absorción de calor que se necesita para que la temperatura ambiente baje a la temperatura del evaporador por nivel, lo que indica en general que a mayor nivel de operación del termostato mayor cantidad de frigorías son empleadas para condensar o sublimar agua del aire, lo cual se refleja también en la energía que consume el prototipo, este resultado se relaciona con la cantidad de agua que se obtiene en el higroimán, y estos resultados repercuten en el costo para obtener el agua.

En este trabajo se emplearon los conceptos de la primera ley de la termodinámica, para explicar los fenómenos físicos ocurridos cuando se utilizo el hidroiman, donde se presentaron los siguientes casos:

- 1) Cuando la temperatura del ambiente atmosférico es mayor que la temperatura del evaporador, en este caso, la cantidad de frigorías que se necesitarían para sublimar la humedad seria mayor, debido a la diferencia de temperaturas.

- 2) Cuando la temperatura del ambiente atmosférico se acerca a la temperatura del evaporador, la cantidad de energía que se utiliza, para la transformación de la humedad atmosférica en agua es menor.

Además la primera ley de la termodinámica explica el intercambio de energía en el interior del hidroiman, que implica la cantidad de frigorías necesarias para que el prototipo con una temperatura determinada del evaporador, sublime la humedad de la atmosfera, la cual tiene otra temperatura.

Cuadro 7. Promedios de temperatura del evaporador, temperatura de rocío, volumen de agua, temperatura ambiente y frigorías por cada nivel a una altura de 2240 m empleando el higoimán cada hora.

Nivel	Temperatura de evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Diferencia *	Volumen de agua (ml)	Promedio de temperatura (°C)	Frigoría Kcal °C h <sup>-1</sup>
1	4.53	5.75	1.22	33.13	16.03	-380.995
2	1.33	10.44	9.11	47.73	17.036	-749.64738
3	-0.06	7.73	7.79	56.6	18.476	-1049.1376
4	-4.06	9.44	13.5	62	19.856	-1482.792
5	-6.26	10.22	16.48	95.86	21.98	-2707.0864
6	-10.46	9.63	20.09	97.2	19.09	-2872.26
7	-10.93	10.44	21.37	104.4	18.44	-3066.228

\*Es la diferencia entre temperatura del rocío y la temperatura del evaporador

El higoimán fue utilizado prácticamente en las noches debido a que se presentan bajas temperaturas y una humedad relativa más alta que en el día, lo cual se refleja en la obtención de agua y en el consumo de energía.

### 5.2.1 Comparación del hidroiman con otros condensadores de humedad

En el Cuadro 8, se observa que los prototipos de Espinosa (1961), Schemenawer (1988), los volúmenes de agua que obtienen son mayores a los del hidroiman, debido a que trabaja con humedades relativas menores a 100%, y la temperatura es diferente a la del punto del rocío, lo que indicaría las condiciones favorables para que se produzca la condensación en cualquier superficie fría; es por esto que el hidroiman necesita de disminuir la temperatura

del evaporador cercana a la temperatura de rocío o bien por debajo de esta, para condensar o sublimar la humedad atmosférica.

Cuadro 8. Características técnicas de algunos prototipos que obtienen agua de la atmósfera.

<b>Autor</b>	<b>Humedad Relativa (%)</b>	<b>Superficie condensadora (m)</b>	<b>Volumen de agua (L día<sup>-1</sup>)</b>
Espinosa (1961)	100	1	2.7
Schemenawer (1988)	100	1	4
Malta y Cory (2007)	14%	1	0.6
Airwater	Dato desconocido	Dato desconocido	Dato desconocido
Medina (2004)	50%	Dato desconocido	Dato desconocido
Hidroiman (2008)	23-70%	1	0.85

En cuanto a los datos reportados por Malta y Cory (2007) y Medina (2004), la información no es suficiente para ser comparada con los resultados obtenidos con el hidroiman, porque no reportan a que humedad relativa ni la superficie que utilizan para obtener el agua.

#### 5.4 Análisis de calidad de agua

Los prototipos propuestos por Espinosa (1961), Schemenawer *et. al.*, (1988), Malta y Cory (2007) y Medina (2004); no mencionan la calidad de agua que obtienen de la atmósfera, excepto el Airwater, donde se explica incluso el proceso de potabilización que realiza el aparato; en el caso del agua capturada por el Higoimán se le realizó un análisis químico y microbiológico para verificar si cumple con los límites permisibles de la NOM-127-SSA-1994.

En el cuadro 9 se observa en general que las tres muestras de agua cumplen con los requerimientos de la NOM-127-SSA-1994 (pH, SO<sub>4</sub>, Cl, Na). Sin embargo la norma no considera ciertos análisis de iones que proporcionan información sobre la alcalinidad y dureza del agua.

Cuadro 9. Comparación de la calidad química de las muestras del agua con la NOM-127-SSA-1994.

Características químicas	Límites permisibles	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
pH	6.5-8.5	6.76	6.43	6.68
Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	No lo considera	0.04	0.02	0.02
Ca <sup>++</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	No lo considera	0	0	0
Mg <sup>++</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	No lo considera	0	0	0
Na <sup>+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	200	0.1	0	0
K <sup>+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	No lo considera	0.03	0	0
CO <sub>3</sub> (meq l <sup>-1</sup> )	No lo considera	0	0	0
HCO <sub>3</sub> (meq l <sup>-1</sup> )	No lo considera	0.74	0.72	0.67
Cl (meq l <sup>-1</sup> )	0.2-150	0.19	0.19	0.1
SO <sub>4</sub> (meq l <sup>-1</sup> )	400	0.06	0.1	0.15

La presencia de bicarbonato (HCO<sub>3</sub>) se debe a que existe CO<sub>2</sub> en la atmosfera y este compuesto se asocia con la humedad relativa, lo cual provoca una reacción química formando ácido carbónico y al contacto con moléculas de agua se obtiene concentraciones de iones HCO<sub>3</sub> (Cuadro 9). Las concentraciones que se encuentran en las muestras analizadas son mínimas, ya que para considerar una agua alcalina o bicarbonatada sería necesario que contenga más de 600 mg l<sup>-1</sup> de ión bicarbonato y por lo tanto no hay ningún inconveniente de consumir esta agua (Rincon del Vago, 2008<sup>c</sup>).

Los iones Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> representan la dureza lo cual indica que las muestras de agua no presentan esta propiedad, siendo útiles para uso industrial y consumo doméstico.

Para el caso de la Conductividad Eléctrica (CE) las muestras cumplen con los requerimientos de agua potable de alta calidad (Wikipedia, 2008<sup>d</sup>).

Los resultados microbiológicos se presentan en el Cuadro 10, indican que en el 66.6% de las muestras que se analizó no hubo presencia de coliformes totales y fecales, para el 33.3% si hubo, esto puede deberse a factores como el viento y fauna nociva (aves).

Cuadro 10. Comparación de la calidad microbiológica de las muestras del agua con la NOM-127-SSA-1994.

Característica microbiológicas	Limite Permisibles	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables	Presencia	Ausencia	Ausencia
E. Coli o Coliformes fecales u organismo termotolerantes	Ausencia o no detectables	Presencia	Ausencia	Ausencia

Con los análisis anteriores se observa que el agua no es potable por la detección de coliformes fecales, sin embargo puede aplicarse luz ultravioleta para desinfectar el agua y así pueda ser aprovechada para el consumo humano (Beltrán y Jiménez, 2000).

Es necesario considerar el análisis de metales pesados en el agua obtenida por el higroimán debido a que estos pueden ser parte de la composición de los núcleos de condensación cambiando las características de la humedad que existe en el ambiente.

## 5.5 Evaluación Financiera

### 5.5.1 Costos

En el Cuadro 11 se observan los **costos directos** necesarios para llevar a cabo la evaluación, entre ellos se destaca el jornal, debido a que se considero que se necesitan 15 min al día para utilizar el aparato, además de tomar en cuenta el consumo de energía, el mantenimiento y los imprevistos; en este caso los costos fueron de \$1,138.00, finalmente la construcción del higroimán tuvo un costo de \$4,000.00, y este se considera solo en el primer año.

Cuadro 11. Costos del proyecto

<b>Rubro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario(\$)</b>	<b>Costo Anual (\$) Año 1</b>
<b><u>Inversión Inicial</u></b>				
Prototipo	pieza	1	4000	4000
<b>Subtotal</b>				<b>4000</b>
<b><u>Costos de Producción</u></b>				
Energía eléctrica	Kw/h	730	0.6	438
Mantenimiento	técnico	1	100	100
Mano de Obra	jornal	11	50	580.59*
Imprevistos (5%)	(%)	1	50	50
Subtotal				1138
<b>Total</b>				<b>5138</b>

\* Salario de \$52.59 (SAT, 2008).

Este aparato al ser utilizado de manera masiva puede ocasionar un rompimiento con la dinámica atmosférica al cambiar las condiciones de la humedad atmosférica, lo cual es necesario continuar con la investigación para cuantificar este posible **costo intangible**.

### 5.5.2 Beneficios

En el Cuadro 12 se observa el **beneficio directo** de utilizar el higoimán al obtener agua de la humedad ambiental, la cual se considero como agua potable para realizar la evaluación. Además el ahorro que se puede generar al no consumir agua embotellada; en cuanto al **beneficio indirecto** se identificó la accesible tecnología, la fácil operación, además de la comodidad de tener un aparato para obtener agua en casa, sobre todo en regiones donde este recurso es escaso, y los pobladores deben buscarla.

Cuadro 12. Beneficios generados por el ahorro de tener agua con el Higoimán.

<b>Beneficios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio de venta(\$)</b>	<b>Beneficio Anual(\$)</b>
Ahorro de agua	730*	5	3650
subtotal			3650
Total			3650

\* **Botellas de 1 L de agua**

### 5.5.3 Indicadores Financieros

Para el cálculo de los indicadores B/C y VAN, se utilizo la tasa de 12%, ya que se considero la tasa de los cetes más 4 puntos.

En el Cuadro 13, se observan los valores calculados para la relación que el valor del VAN será la utilidad actualizada que se obtenga del proyecto para los años de evaluación.

Cuadro 13. Indicadores financieros para cinco años de evaluación

Concepto	Periodo de Análisis (años)					
	0	1	2	3	4	5
Tasa de actualización	14.1%					
Factor de Actualización	1.0000	0.8764	0.7681	0.6732	0.5900	0.5171
Beneficios actualizados	3,650	3,199	2,804	2,457	2,154	5,714
Costos actualizados	6,337	1,024	898	787	689	2,793
Flujo de Fondos Actualizados	-2,687	2,175	1,906	1,670	1,464	2,922
	<b>Valor Actual Neto</b>	<b>6,529</b>				
	<b>Relación B/C</b>	<b>1.595</b>				
	<b>TIR</b>	<b>93.0%</b>				

La relación B/C indica que durante los cinco años de evaluación del proyecto a una tasa de interés de 12% anual, por cada peso que se invierta se obtiene \$1.595 de beneficio, en cuanto se refiere al VAN, para este proyecto se obtendrá una utilidad neta de \$6,529 en el tiempo evaluado. Finalmente la TIR indica una rentabilidad de 93%.

En resumen los tres indicadores como son: VAN, la relación B/C y la TIR están dentro del marco de rentabilidad, bajo estas circunstancias.

#### 5.5.4 Costo de agua del Plan Acuario

El costo aproximado del agua que se distribuye con el Plan acuario fue de \$52. 716 m<sup>3</sup>, al compararlo con el costo de obtener agua con el hidroiman, solamente tomando en cuenta el costo de energía, el cual fue de \$1800 m<sup>3</sup>, se observa que bajo esas eficiencias que trabaja el hidroiman, no es viable con el Plan Acuario, sin embargo se espera que aumentado la eficiencia del higoimán, así como el incrementar el área del evaporador y empleando alguna fuente de energía solar, se minimicen los costos para poder utilizar el higoimán en zonas rurales que tengan difícil acceso al agua

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Los altos volúmenes de agua se obtienen a mayor humedad atmosférica

A temperaturas del evaporador cercanas al punto de rocío condensan la humedad relativa y a temperaturas por debajo de 0° C el higroimán sublima la humedad del ambiente.

Los mayores volúmenes de agua y consumo de energía se obtuvieron cuando el evaporador trabajó a temperaturas por debajo de 0° C y los menores volúmenes de agua así como consumo energético se observó cuando el higroimán trabajó a temperaturas cercanas al punto de rocío.

El costo aproximado de agua con el plan acuario es de \$52.716 el m<sup>3</sup> y el costo de agua con el higroimán es de \$1800 el m<sup>3</sup> por lo tanto no es viable económicamente utilizar el prototipo para obtener agua del ambiente con la eficiencia actual, sin embargo, se puede usar en regiones con severas limitaciones de agua.

La calidad de agua que se obtuvo con el higroimán puede ser apta para consumo humano siempre y cuando se potabilice de acuerdo con la NOM-SSA-1994.

Para obtener 1 L de agua se consume en promedio 3 KWh, por lo que el costo sería de \$1.80 considerando solo la energía eléctrica (\$0.6 KWh).

El higroimán puede ser una alternativa en los lugares apartados donde no llega el Plan Acuario.



## 6.2 Recomendaciones

- Ampliar el área del evaporador con la finalidad de obtener mayor cantidad de agua.
- Buscar nuevas fuentes de energía, para minimizar los costos y dar una opción a zonas que no cuenten con energía eléctrica.
- Realizar un análisis completo indicado en la NOM-127-SSA con el fin de verificar la potabilidad del agua obtenida de la atmosfera.
- Utilizar el higroimán preferentemente en zonas con alta humedad relativa para el obtener mayor cantidad de agua.
- Instalar el equipo en un lugar limpio.
- Probar el higroimán a diferentes altitudes (0, 1000 y 2000 m ) para observar si existe mayor obtención de agua.
- Medir la humedad relativa interna del equipo (Evaporador) y del ambiente, para obtener datos más precisos.
- Diseñar nuevos prototipos.
- Mantener una circulación de aire en las placas del evaporador para aumentar el flujo de la humedad relativa.
- Tratar el agua con luz ultravioleta para la eliminación de microorganismos y hacer potable el agua.

## 7. LITERATURA CITADA

- Álvarez, E. 1992 Compendio de apuntes de meteorología. UACH, México.
- Anaya G. 2004. Memorias en español de la XI Conferencia Internacional sobre sistemas de captación de agua de lluvia. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 300pp
- Arteaga, R. 1993 Introducción a la meteorología UACH, Chapingo, Mex.
- Baca U. 2006. Evaluación de proyectos. Editorial Mc Graw Hill. México
- Barry R. y Chorley R. 1985 Atmosfera, tiempo y clima Ediciones Omega, S.A. 4ª edición Barcelona.
- Beltrán N y Jiménez B. 2000 Eficiencia de la luz ultravioleta para la desinfección de agua residual con alto contenido de patógenos, Instituto de Ingeniería, UNAM Vol. 1 No 1 Disponible en <http://www.revista.unam.mx/vol.1/proyec1/biblio.html> Consultado 6 de septiembre 2008.
- Casas C. y Alarcón 1999. Meteorología y clima Editorial UPC México.
- Conapo, 2008 consultado 15 de junio 2008 [http:// www.conapo.gob.mx/cdoc/FlashHelp/Informe\\_de\\_ejecuci\\_n\\_2003\\_2004/Secretar\\_a\\_de\\_Desarrollo\\_Social/Brindar\\_alternativas\\_a\\_la\\_emigraci\\_n\\_rural\\_y\\_fortalecer\\_la\\_justicia\\_distributiva/Comisi\\_n\\_Nacional\\_de\\_las\\_Zonas\\_ridas.htm](http://www.conapo.gob.mx/cdoc/FlashHelp/Informe_de_ejecuci_n_2003_2004/Secretar_a_de_Desarrollo_Social/Brindar_alternativas_a_la_emigraci_n_rural_y_fortalecer_la_justicia_distributiva/Comisi_n_Nacional_de_las_Zonas_ridas.htm)
- CONAZA, 2004 consultada 16 de noviembre 2007, disponible [http://www.conaza.gob.mx/unidad\\_enlace/informe\\_93.pdf](http://www.conaza.gob.mx/unidad_enlace/informe_93.pdf)
- Evenari, M. Shanan, L, and Tadmor, N. 1977. The Negev The Challenge of a Desert Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. USA
- Garcia, 1973 Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana UNAM México D.F.
- Gleick, P.1996. Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. International Water 21(2): 83-92.
- Google earth, 2008 Consultado 15 junio 2008 Programa de Internet
- Hernández, G.1995. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Editorial Limusa, México.

- INEGI 2005 , consultada 13 noviembre 2007, disponible [http://www.inegi.gob.mx/lib/olap/general\\_ver3/MDXQueryDatos.asp](http://www.inegi.gob.mx/lib/olap/general_ver3/MDXQueryDatos.asp)
- Khurana, I. 2003. Memoria de la XI Conferencia Internacional Sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia.
- La flecha 2008 <http://www.laflecha.net/canales/ciencia/obtener-agua-a-partir-del-aire/> consultado 4 marzo 2008.
- Lisney, 1994. Hidrología para Ingenieros ,Editorial Mc Graw-Hill
- Malka E. y Cory J. 2007, consultado 15 de enero 2008, disponible <http://www.astroseti.org/vernew.php?codigo=2500>
- Manrique, J y Cárdenas R. 1995 Termodinámica Instituto tecnológico y estudios superiores de Monterrey Editorial Harla pp 507
- Martínez, A. 2007 Agua, Revista de la academia Mexicana de ciencias, vol.38 num3 julio-septiembre.
- Medina, F. 2006 Diseño y fabricación de un dispositivo para condensación la humedad ambiental. Tesis de Licenciatura Cuautitlan UNAM 88 pp
- Medina, G. y Grageda J. 2008 Uso de estaciones meteorológicas en la agricultura INIFAP Folleto Informativo Núm. 50 México D.F.
- Metos, 2008 <http://www.metos.at> Consultado 9 de septiembre 2008.
- Moctezuma, L. G. 1977. Evaluacion Economica de 2 años ( 1967-1976) de Operación del plan de Puebla. Colegio de Postgraduados. Centro de Economía, Tesis de Maestria. Chapingo, México.
- Monografias, 2008, consultado 14 febrero 2008 disponible <http://www.monografias.com/trabajos26/proyecto-ampliacion/proyecto-ampliacion.shtml>
- Passel, 2007, <http://www.paasel.com/consultoria/pdf/temperatura.pdf>, Consultado 10 septiembre 2008.
- Pidwirny, 1999. Fundamentos de aire acondicionado y Refrigeración. Editorial Limusa. México.
- Pilatowsky, I. 1993 Métodos de producción de frio. Universidad Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México D.F.

- Rebolledo, H. 2002. Manual de SAS por Computadora Editorial Trillas, México, D.F. 208 pp
- Reisnick R. 1993. Física Editorial Cecsca, cuarta edición, México
- Rincón del vago, 2008<sup>a</sup> <http://www.rinconsolidario.org/meteorologia/webs/atmhum.htm> consultado 10 de junio 2008
- Rincón del vago, 2008<sup>b</sup> <http://html.rincondelvago.com/leyes-de-la-termodinamica.html> consultado 29 de marzo
- Rincón del Vago, 2008<sup>c</sup> Consultado 10 julio 2008 <http://html.rincondelvago.com/agua-para-el-consumo.html>
- Roman, L. R. 1999. Obtención de Agua potable por métodos tradicionales, tecnología y ciencias de la Ingeniería.
- SAT, 2008 [http://www.sat.gob.mx/sitio\\_internet/asistencia-contribuyente/informacion\\_frecuente/salarios\\_minimos/default.asp](http://www.sat.gob.mx/sitio_internet/asistencia-contribuyente/informacion_frecuente/salarios_minimos/default.asp) Consultado 19 de septiembre 2008
- Schemenawer, R. S. Fuenzalida, H. and Cereceda 1988. A neglected water Resource: The camanchaca of South America. Bolletin of the American Society 69 pp
- Thomas, T. 2003. Memoria de la XI Conferencia Internacional Sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia.
- Valiente, A. 1999 Problemas de balance de materia y energía en la industria alimentaria Editorial Limusa, México D.F.
- Wikipedia , 2008<sup>d</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad\\_el%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad_el%C3%A9ctrica) Consultado 4 de agosto 2008
- Wikipedia, 2008<sup>b</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Condensaci%C3%B3n>, Consultado 18 de marzo 2008
- Wikipedia, 2008<sup>a</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Gradiente\\_adiab%C3%A1tico](http://es.wikipedia.org/wiki/Gradiente_adiab%C3%A1tico) consultado 28 de agosto 2008
- Wikipedia, 2008<sup>c</sup> Consultado 13 de junio 2008 disponible [http://es.wikipedia.org/wiki/Viabilidad\\_t%C3%A9cnica](http://es.wikipedia.org/wiki/Viabilidad_t%C3%A9cnica)
-

# **ANEXO A**

## **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA-1994**

En esta norma establece que el agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas.

Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización.

Además esta norma establece los límites permisibles de calidad y tratamiento que debe someterse el agua para su potabilización.

La modificación a la NOM 127-1 SSA 1994 es una norma sobre salud ambiental que se refiere al agua para uso y consumo humano, en donde también se establece tratamientos de potabilización para el agua proveniente de una fuente en particular, debe justificarse con estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad. Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad, cuando los contaminantes microbiológicos, las características físicas y químicas del agua.

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994,**

**Límites permisibles de características físicas y organolépticas**

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en el siguiente cuadro.

Características	Límites permisibles
Color	20 Unidades de color verdadero en la escala Pt-Co
Olor y sabor	Agradable
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas UNT

**Límites permisibles de características radiactivas**

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en el cuadro siguiente. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

Características	Límites permisibles
Radiactividad alfa global	0.56
Radiactividad beta global	1.85

**Límites permisibles de características microbiológicas**

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido siguiente cuadro.

Característica	Limite Permisibles
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
E. Coli o Coliformes fecales u organismo termotolerantes	Ausencia o no detectables

## Límites permisibles de características químicas

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en el siguiente cuadro. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

Característica	Límite	Característica	Límite	Característica	Límite
Aluminio	0.20	Plomo	0.025	Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Arsénico	0.05	Sodio	200	Metoxicloro	20
Bario	0.70	Sólidos disueltos totales	1000	2,4 -D	50
Cadmio	0.005	Sulfatos	400	Hexaclorobenceno	0.01
Cianuro	0.07	Sustancias activas al azul el metileno	0.50		
Cloro residual libre	0.2-1.50	Trihalometanos totales	0.20		
Cloruros	250	Zinc	5.0		
Cobre	2	Nitratos	10		
Cromo total	0.05	Nitritos	0.05		
Dureza total	500	Nitrogeno Amoniacal	0.50		
Fenoles	0.001	pH	6.5-8.5		
Fierro	0.30	Plaguicidas en microgramos/l aldrín y dieldrin	0.03		
Fluoruros	1.5	Clordano	0.30		
Manganeso	0.15	DDT	1.0		
Mercurio	0.001	Gamma-HCH	2.0		





La modificación a la NOM 127-1 SSA 1994 es una norma sobre salud ambiental que se refiere al agua para uso y consumo humano, en donde también se establece tratamientos de para potabilizar el agua proveniente de una fuente en particular, debe justificarse con estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad. Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad, cuando los contaminantes microbiológicos, las características físicas y químicos del agua.

**Cuadro . Tipos de tratamiento para el consumo humano de agua.**

Características del agua	Tratamientos para eliminar las características encontradas en una muestra de agua													
	CL	CA	F	CO	FL	PRE	IO	AQ	OI	UV	O	D	DC	
<b>Contaminación biológica</b>														
Bacterias, helmintos, protozoarios y virus														
<b>Físicas y organolépticas</b>														
Color														
Olor														
Sabor														
Turbiedad														
<b>Químicas</b>														
Arsénico														
Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo														
Cloruros														
Dureza														
Fenoles o compuestos fenólicos														
Hierro y/o manganeso														
Fluoruros														
Materia orgánica														
Mercurio														
Nitratos y nitritos														

Fuente: Información NOM-127-SSA-1994

**Cloro = CL, Carbón activado = CA, Filtración = F, Coagulación = CO, Floculación = FLO, Precipitación = PRE, Intercambio iónico = IO, Ablandamiento químico = AQ, Osmosis inversa = OI, Ultra violeta = UV, Ozono = O, Destilación = D, Desorción en columna = DC.**

## **GLOSARIO**

### **Calor**

Se describe como una energía interna de los cuerpos producida por el movimiento continuo de partículas (energía cinética), pero su concepto es el siguiente: “Energía cinética total de las moléculas de un cuerpo”.

### **Calor sensible**

Se define como el calor que provoca un cambio de temperatura en una sustancia

### **Calor Latente**

Es el calor que se necesita para cambiar un sólido en líquido, o un líquido en gas sin variar la temperatura de sustancia.

### **Frigoría**

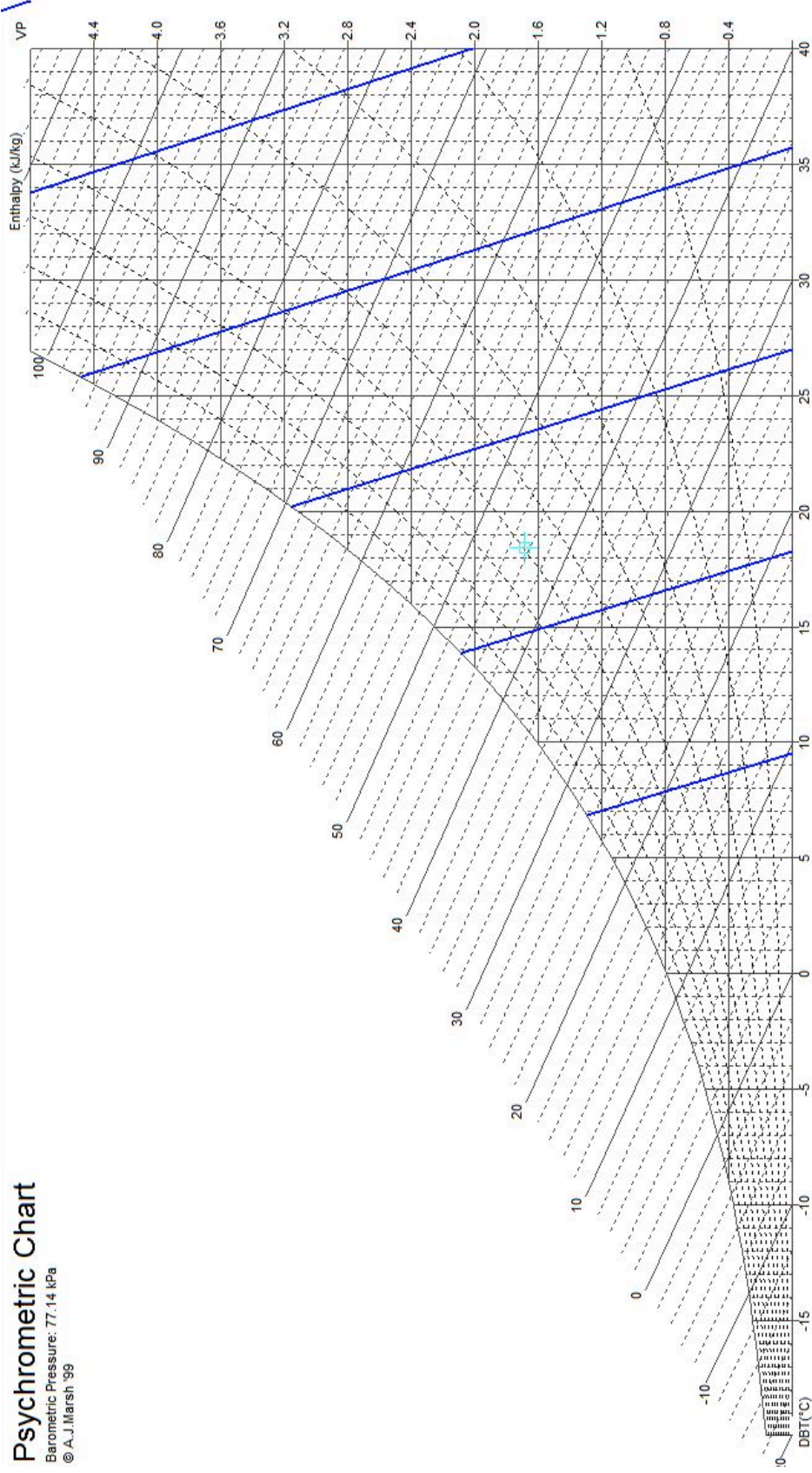
Es la una unidad de energía del Sistema Técnico para medir la absorción de energía térmica. Equivale a una Kilocaloría negativa, Está definida como la energía que hay que sustraer de un Kilogramo de agua a 15,5 °C, a la presión normal, para reducir su temperatura en 1 °C.

### **Temperatura**

Es la forma de expresar por medio de una cantidad cuán caliente o frío está un cuerpo con respecto a otro, pero su concepto es el siguiente: “Energía cinética promedio de las moléculas de un cuerpo”.

Anexo D

Carta psicrometrica a 2240 m

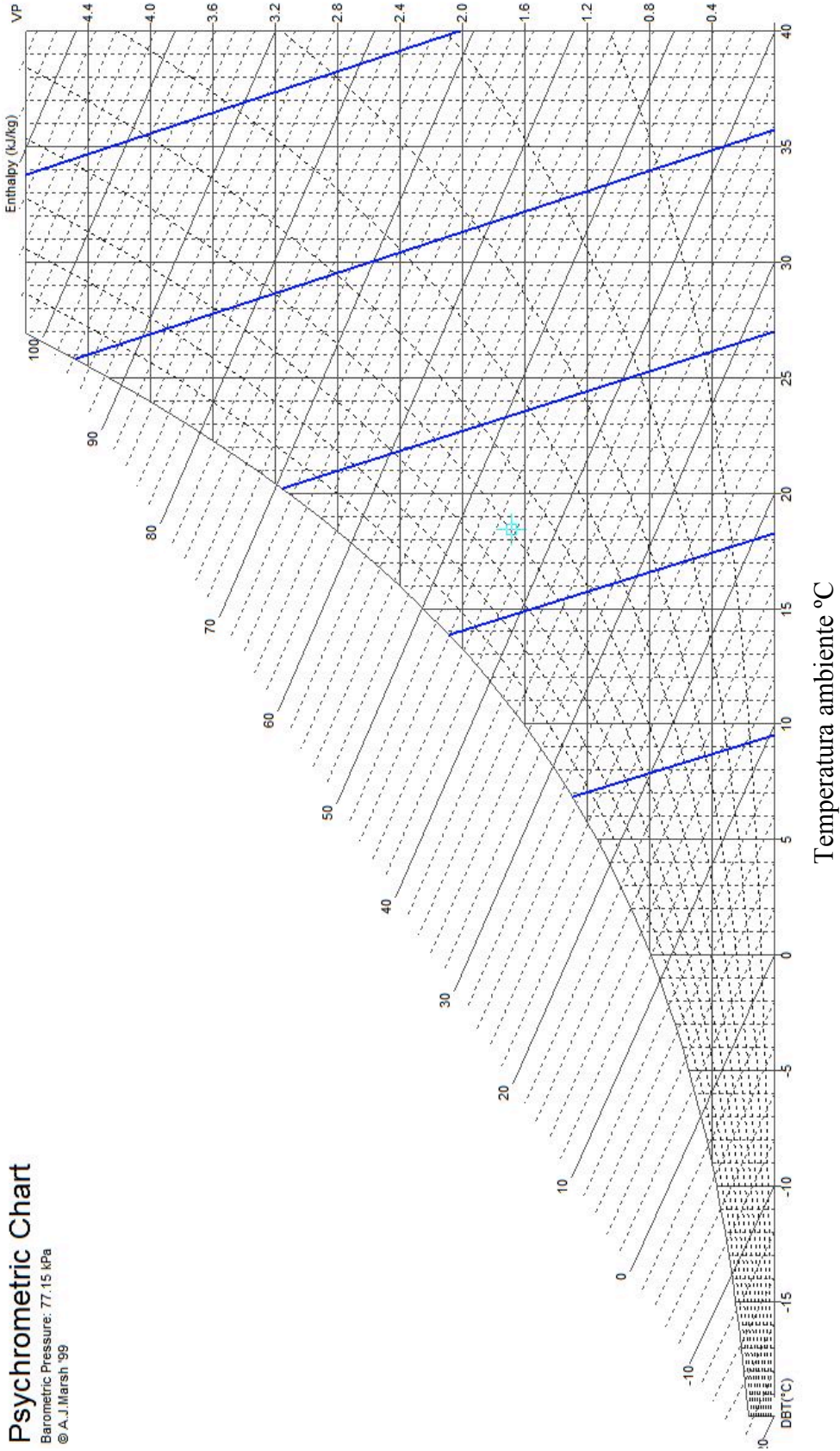


Temperatura ambiente °C

# Carta psicrometrica a 2241 m

## Psychrometric Chart

Barometric Pressure: 77.15 kPa  
© A. J. Marsh '99



## ANEXOS C

Cuadro C1 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 1 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura de ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00 -22:00	1	0.8125	8	8.5	14	80	52.75	18.075
22:00-1:00	1	0.625	4	7.5	13	90	53.25	16.875
1:00-4:00	1	0.625	4	5.7	13	100	50.25	15.875
4:00-7:00	1	0.8125	4	6	15	88	58.25	13.95
7:00-10:00	1	0.8125	3	7.1	18	120	52.75	16.55

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C2.. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 2 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura de ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00 -22:00	2	0.9375	5	4.9	15	70	35.5	20.375
22:00-1:00	2	1	4	2.2	16	100	31	19.425
1:00-4:00	2	0.6875	4	3.1	16	90	36.25	18
4:00-7:00	2	0.6875	4	1.7	16	116	35.5	16.775
7:00-10:00	2	0.8125	4	3.5	19	126	33	19.95

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C3. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 3 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	3	1	-1	11.3	16	350	70.75	16.525
22:00-1:00	3	1.125	-1	10.7	15	380	71	15.825
1:00-4:00	3	0.9375	-1	10	13	340	69.5	15.475
4:00-7:00	3	0.8125	-1	10.3	13	330	75	14.6
7:00-10:00	3	0.8125	1	11.7	12	350	68.75	17.35

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C4. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 4 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	4	1.0625	-3	11.9	15	280	60.5	19.525
22:00-1:00	4	0.875	-6	10.9	13	230	71.25	15.975
1:00-4:00	4	0.9375	-7	10.8	14	230	75.75	15.075
4:00-7:00	4	1.125	-7	10.7	14	300	80.25	14
7:00-10:00	4	0.9375	-2	11.3	16	310	69	16.9

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C5. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 5 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	5	1	-6	6.5	16	200	34	22.75
22:00-1:00	5	1.0625	-7	5.6	16	280	36.75	20.575
1:00-4:00	5	0.9345	-7	6.4	14	320	44.75	18.325
4:00-7:00	5	1	-7	6.8	14	300	50.75	16.85
7:00-10:00	5	1.125	-5	8.1	15	150	44.5	20.325

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C6 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 6 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	6	1.25	-7	10.6	15	260	70.75	15.85
22:00-1:00	6	1	-11	9.8	10	376	73.25	14.425
1:00-4:00	6	0.9375	-11	9.4	10	350	71.5	14.35
4:00-7:00	6	1.125	-10	9	11	350	70.75	14.2
7:00-10:00	6	1.125	-10	7.5	16	370	63.25	14.25

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C7 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 7 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	7	1.1875	-7	7.6	17	360	62.75	14.525
22:00-1:00	7	1.25	-12	6.7	15	400	70.75	11.75
1:00-4:00	7	1.0625	-12	6.3	15	410	71.25	11.275
4:00-7:00	7	1.125	-11	6.6	15	410	74.25	10.925
7:00-10:00	7	1.3125	-10	6.7	13	400	70	11.875

Fuente: Elaboración propia



Cuadro C8. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 5 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	5	0.625	-5	10.4	18	86	36.6	25.96
20:00-21:00	5	0.8125	-5	11.5	20	104	42	24.94
21:00-22:00	5	0.875	-6	11.2	20	90	42.2	24.46
22:00-23:00	5	0.5	-5	10.9	17	90	44	23.48
23:00-00:00	5	0.625	-5	10.1	17	80	43.6	22.78
00:00-1:00	5	0.375	-5	10.1	17	80	46.8	21.66
1:00-2:00	5	0.625	-6	11	16	100	52.6	20.84
2:00-3:00	5	0.375	-6	10.8	16	100	53	20.46
3:00-4:00	5	0.375	-6	10.2	16	120	53.4	19.74
4:00-5:00	5	0.625	-9	10.8	16	130	57	19.34
5:00-6:00	5	0.4325	-9	11	16	96	59.4	18.86
6:00-7:00	5	0.4375	-8	9.4	16	100	54.8	18.44
7:00-8:00	5	0.4425	-6	8.3	13	90	47.8	19.4
8:00-9:00	5	0.5575	-5	8.9	20	96	43.2	21.68
9:00-10:00	5	0.38	-8	8.8	15	76	29.4	27.7

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C9 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 1 a 2240 m.

<b>Hora</b>	<b>Nivel</b>	<b>Consumo de energía (kw h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Temperatura de Evaporador (°C)</b>	<b>Temperatura de rocío (°C)</b>	<b>Temperatura ambiente a 30 cm (°C)</b>	<b>Volumen de agua (ml)</b>	<b>Promedio de Humedad (%)</b>	<b>Promedio de temperatura (°C)</b>
19:00-20:00	1	0.375	7	7.2	15	10	43	19.9
20:00-21:00	1	0.125	5	7.6	15	20	46.8	18.98
21:00-22:00	1	0.4375	5	7.7	15	30	50.2	18
22:00-23:00	1	0.3125	5	7.9	15	45	54	17.1
23:00-00:00	1	0.5625	5	7.4	15	50	53.8	16.64
00:00-1:00	1	0.5	4	4	17	40	45.2	15.62
1:00-2:00	1	0.25	4	3.8	17	36	48.4	14.38
2:00-3:00	1	0.4375	3	4.7	17	40	53.8	13.78
3:00-4:00	1	0.1875	3	5.7	17	36	59	13.36
4:00-5:00	1	0.25	3	6.1	16	40	62.4	13.04
5:00-6:00	1	0.125	4	6.1	16	34	62	13.06
6:00-7:00	1	0.5	4	5.8	17	40	58.6	13.58
7:00-8:00	1	0.375	4	5.7	18	36	56.8	13.98
8:00-9:00	1	0.4375	6	4	20	20	43.4	16.26
9:00-10:00	1	0.375	6	2.6	20	20	25.6	22.9

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C10. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 2 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	2	0.6925	3	12.3	15	40	69.2	17.84
20:00-21:00	2	0.5625	3	10.7	16	32	60.6	18.28
21:00-22:00	2	0.3125	3	10.4	16	40	59.4	18.26
22:00-23:00	2	0.25	3	10.3	16	40	60	17.96
23:00-00:00	2	0.625	0	10.5	16	56	62.2	17.64
00:00-1:00	2	0.6875	0	10.1	16	66	65.2	17.16
1:00-2:00	2	0.4375	0	10.3	15	50	64.2	16.92
2:00-3:00	2	0.375	1	10.9	15	64	70	16.22
3:00-4:00	2	0.5	0	10.2	15	50	72	15.08
4:00-5:00	2	0.375	0	9.9	15	50	72.2	14.72
5:00-6:00	2	0.1825	0	10	15	64	72.6	14.78
6:00-7:00	2	0.255	1	9.8	12	60	71.6	14.78
7:00-8:00	2	0.3125	1	10.5	12	44	70.2	15.8
8:00-9:00	2	0.3125	2	10.5	18	30	61.6	17.82
9:00-10:00	2	0.5625	3	10.3	21	30	45.6	22.28

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C11. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 3 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	3	0.5625	0	6.7	16	10	31.2	24.38
20:00-21:00	3	0.1875	0	7.3	16	40	35.2	23.18
21:00-22:00	3	0.1875	0	7.5	16	34	37	22.58
22:00-23:00	3	0.3125	0	7.7	15	40	40	21.58
23:00-00:00	3	0.1875	0	7.5	15	40	40.8	20.96
00:00-1:00	3	0.375	0	7.5	15	50	42.6	20.34
1:00-2:00	3	0.625	0	7.8	15	55	45.6	19.64
2:00-3:00	3	0.5	0	8.2	15	65	48.6	19.02
3:00-4:00	3	0.4375	0	8	10	65	49.2	18.62
4:00-5:00	3	0.5	0	7.9	10	65	50.8	18.02
5:00-6:00	3	0.3125	0	7.7	13	85	55.8	16.32
6:00-7:00	3	0.4375	-1	8	14	100	59	15.86
7:00-8:00	3	0.5625	0	8.4	15	90	55.8	17.1
8:00-9:00	3	0.6825	0	8	16	80	48	19.06
9:00-10:00	3	0.4375	0	7.8	18	30	33.6	24.46

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C12.. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 4 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	4	0.4375	0	7.8	19	40	36.4	23.16
20:00-21:00	4	0.4375	-2	4.7	15	20	30.8	22.38
21:00-22:00	4	0.6875	-2	5.5	15	40	32	22.62
22:00-23:00	4	0.8125	-4	8.9	15	40	44.8	21.08
23:00-00:00	4	0.5625	-5	9.5	14	40	49.4	20.14
00:00-1:00	4	0.5625	-5	10.1	14	50	52.4	19.86
1:00-2:00	4	0.125	-5	10	14	70	55.4	18.92
2:00-3:00	4	0.125	-5	9.8	14	70	54.8	18.84
3:00-4:00	4	0.5625	-6	10.1	15	68	58.2	18.22
4:00-5:00	4	0.37	-5	10.4	16	90	61.4	17.7
5:00-6:00	4	0.4425	-6	10.4	16	70	63.4	17.24
6:00-7:00	4	0.6875	-5	11.1	13	86	68	16.94
7:00-8:00	4	0.9375	-4	10.8	13	92	64.8	17.38
8:00-9:00	4	0.5625	-3	11.1	16	100	57.4	19.5
9:00-10:00	4	0.625	-4	11.4	18	54	44.4	23.86

Cuadro C13. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 6 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	6	0.6825	-7	5.6	17	42	31.8	22.86
20:00-21:00	6	0.5675	-7	7.9	16	50	43.2	20.5
21:00-22:00	6	0.375	-12	7.9	15	88	43.6	20.44
22:00-23:00	6	0.3125	-12	9.52	15	88	48.2	20.26
23:00-00:00	6	0.75	-10	9.6	15	100	50.6	19.88
00:00-1:00	6	0.625	-10	9.4	15	130	52	19.32
1:00-2:00	6	0.5625	-10	9.1	12	110	53	18.62
2:00-3:00	6	0.5625	-10	9.6	12	136	55.8	18.34
3:00-4:00	6	0.75	-12	9.1	12	100	56.6	17.64
4:00-5:00	6	0.625	-10	8.9	10	136	57.6	17.18
5:00-6:00	6	0.4375	-10	12.1	14	130	73.6	16.78
6:00-7:00	6	0.75	-10	12.2	15	112	72.8	16.96
7:00-8:00	6	0.375	-11	12.3	16	86	70.4	17.66
8:00-9:00	6	0.475	-14	10.5	18	80	61.2	17.86
9:00-10:00	6	0.4375	-12	10.8	16	70	47.6	22.18

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C14.. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 7 a 2240 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	7	0.6875	-7	13.7	13	100	67.4	19.76
20:00-21:00	7	0.5575	-12	13.3	15	134	69	18.96
21:00-22:00	7	0.4425	-12	13.3	15	110	76.2	17.44
22:00-23:00	7	0.8125	-9	12.9	14	160	78.2	16.58
23:00-00:00	7	0.3125	-10	12.2	12	120	72.2	17.08
00:00-1:00	7	0.4325	-10	12.2	12	102	70.2	17.52
1:00-2:00	7	0.5625	-13	10.5	20	80	53.6	19.94
2:00-3:00	7	0.5	-8	9.2	16	100	57.8	17.42
3:00-4:00	7	0.4375	-8	8.6	16	130	56	17.24
4:00-5:00	7	0.6875	-13	7.7	16	110	54	16.92
5:00-6:00	7	0.425	-15	9	16	85	55	17.96
6:00-7:00	7	0.4375	-16	7.5	16	85	50.4	17.7
7:00-8:00	7	0.3125	-11	7.6	15	84	50.2	17.92
8:00-9:00	7	0.75	-8	8.6	20	86	47.4	19.9
9:00-10:00	7	0.875	-12	10.3	18	80	40.4	24.26

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C15. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 1 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	1	0.3125	7	7	15	26	41.8	20.06
20:00-21:00	1	0.3125	5	7.5	13	26	45.2	19.42
21:00-22:00	1	0.3125	5	6.8	13	30	44.4	18.88
22:00-23:00	1	0.25	7	7.5	15	45	50	17.84
23:00-00:00	1	0.25	7	8.3	15	44	55.6	17.1
00:00-1:00	1	0.1825	3	7.3	15	43	54.2	16.36
1:00-2:00	1	0.1825	3	3.4	15	34	37.2	17.96
2:00-3:00	1	0.5	3	3.5	15	30	38	17.74
3:00-4:00	1	0.3125	3	3.4	15	30	38.4	17.48
4:00-5:00	1	0.3125	3	4.1	15	32	41.8	16.9
5:00-6:00	1	0.3125	3	4.3	15	32	43.6	16.54
6:00-7:00	1	0.3725	3	3.5	15	28	42	16.16
7:00-8:00	1	0.1825	5	3.1	15	26	39.8	16.56
8:00-9:00	1	0.1825	5	3.8	15	26	35.4	19.2
9:00-10:00	1	0.3725	5	5.1	18	24	26.8	24.98



Cuadro C16.. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 2 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	2	0.25	0	9.2	16	50	40.4	23.06
20:00-21:00	2	0.25	0	9.8	16	50	46.6	21.44
21:00-22:00	2	0.3125	0	9.9	16	50	50.2	20.32
22:00-23:00	2	0.3125	1	9.7	16	46	49	20.52
23:00-00:00	2	0.125	0	10.6	16	46	53	20.3
00:00-1:00	2	0.125	0	10.8	16	60	57.4	19.22
1:00-2:00	2	0.125	0	11	15	60	59.6	18.86
2:00-3:00	2	0.125	0	11.2	15	66	61.4	18.58
3:00-4:00	2	0.25	1	11.4	15	50	63.8	18.22
4:00-5:00	2	0.25	1	11.2	15	56	64	17.94
5:00-6:00	2	0.25	1	11.2	15	50	64.4	17.8
6:00-7:00	2	0.5	1	11.5	15	50	64.8	18.04
7:00-8:00	2	0.3125	1	11.7	15	46	62	18.92
8:00-9:00	2	0.3125	1	11.9	15	46	55.6	20.86
9:00-10:00	2	0.3125	2	12.4	15	50	44.8	24.8

Cuadro C17.. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 3 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	3	0.125	-3	-1	19	10	20	22.7
20:00-21:00	3	0.5	-1	-1.4	16	10	20.85714286	21.56
21:00-22:00	3	0.5625	-3	-1.2	15	10	22	20.86
22:00-23:00	3	0.3125	-3	-1.7	16	14	21.57142857	20.6
23:00-00:00	3	0.125	-2	-2.4	13	20	21.42857143	19.92
00:00-1:00	3	0.375	-2	-1.4	13	20	24.85714286	18.8
1:00-2:00	3	0.37	-4	-1.1	7	22	27.28571429	17.68
2:00-3:00	3	0.755	-4	-0.5	7	24	29.85714286	17.02
3:00-4:00	3	0.5	-5	0.1	10	20	32.71428571	16.24
4:00-5:00	3	0.5625	-5	0.2	10	26	34.71428571	15.48
5:00-6:00	3	0.4375	-4	0.3	9	20	35.57142857	15.16
6:00-7:00	3	0.1875	-4	1.3	13	30	38.42857143	15.12
7:00-8:00	3	0.1875	-3	1.4	14	30	34.85714286	16.68
8:00-9:00	3	0.37	2	-0.2	15	20	27.71428571	18.44
9:00-10:00	3	0.3175	-2	0.6	18	20	25.14285714	20.88

Cuadro C18.. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 4 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00 -20:00	4	0.1875	-5	3.8	15	32	28	22.85
20:00-21:00	4	0.21875	-6	6.5	12	44	44	18.75
21:00-22:00	4	0.21875	-6	5.6	12	64	37.5	20.25
22:00-23:00	4	0.5	-5	5.9	12	60	40	19.55
23:00-00:00	4	0.25	-6	6.9	12	60	48	17.85
00:000-1:00	4	0.125	-7	6.8	11	68	50.5	16.9
1:00-2:00	4	0.25	-7	7.4	9	40	54	16.55
2:00-3:00	4	0.125	-5	5.8	12	68	41	19.05
3:00-4:00	4	0.8125	-5	6	15	40	42.5	18.7
4:00-5:00	4	0.3125	-5	6.2	10	40	44	18.4
5:00-6:00	4	0.25	-5	6.3	9	56	45.5	18
6:00-7:00	4	0.375	-6	6.3	13	50	46.5	17.7
7:00-8:00	4	0.4375	-6	6.8	15	72	45.5	18.5
8:00-9:00	4	0.3125	-6	7.2	13	54	41.5	20.4
9:00-10:00	4	0.5575	-3	7.1	14	50	35	23.05

Cuadro C19.. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 5 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	5	0.125	-12	6	11	74	39	20.1
20:00-21:00	5	0.5	-5	7.2	10	70	47.5	18.35
21:00-22:00	5	0.6875	-13	6.6	10	68	44	18.85
22:00-23:00	5	0.475	-5	6.4	11	65	42	19.35
23:00-00:00	5	0.525	-4	6.5	11	68	43	19.1
00:000-1:00	5	0.75	-9	6.3	10	50	43.5	18.75
1:00-2:00	5	0.4375	-6	6.5	10	72	45	18.35
2:00-3:00	5	0.1875	-9	6.9	10	62	47	18.1
3:00-4:00	5	0.3125	-8	7.2	5	70	49.5	17.65
4:00-5:00	5	0.3125	-8	7.1	5	70	51.5	16.95
5:00-6:00	5	0.1875	-10	7	10	60	52.5	16.55
6:00-7:00	5	0.375	-9	7.5	10	70	54.5	16.35
7:00-8:00	5	0.1875	-6	7.7	10	90	55	16.6
8:00-9:00	5	0.3075	-11	8.1	13	98	49.5	18.6
9:00-10:00	5	0.255	-9	8	21	80	41	21.45

Cuadro C20. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 6 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00 -20:00	6	0.375	-9	10.7	7	110	86.5	12.9
20:00-21:00	6	0.4375	-10	10.7	5	90	89	12.45
21:00-22:00	6	0.5	-9	10.6	4	86	88	12.45
22:00-23:00	6	0.375	-12	10.1	4	92	85	12.5
23:00-00:00	6	0.3125	-12	10.1	4	80	83.5	12.8
00:000-1:00	6	0.3125	-11	10.4	4	76	84.5	12.9
1:00-2:00	6	0.3125	-11	10.1	4	80	84.5	12.6
2:00-3:00	6	0.3125	-10	9.9	4	80	84.5	12.4
3:00-4:00	6	0.625	-11	9.8	4	90	85	12.15
4:00-5:00	6	0.5	-12	9.6	4	80	85	12
5:00-6:00	6	0.5625	-14	9.4	5	90	84.5	11.9
6:00-7:00	6	0.5	-6	9.2	6	156	84	11.8
7:00-8:00	6	0.375	-6	9.3	9	120	83.5	12
8:00-9:00	6	0.25	-6	9.2	10	130	79.5	12.6
9:00-10:00	6	0.375	-6	8.7	11	130	70	14

Cuadro C21... Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada hora para el Nivel 7 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-20:00	7	0.325	-11	8.6	15	34	32.5	25.9
20:00-21:00	7	0.335	-11	5.4	15	34	32.5	22.3
21:00-22:00	7	0.6875	-10	3.1	10	10	24.5	24.2
22:00-23:00	7	0.3125	-11	3.6	8	24	26	23.75
23:00-00:00	7	0.5	-11	4	8	54	28.5	22.75
00:00-1:00	7	0.625	-11	4.5	8	70	32	21.55
1:00-2:00	7	0.5	-11	4.6	4	70	34	20.65
2:00-3:00	7	0.5	-13	4.3	0	30	35	19.85
3:00-4:00	7	0.375	-12	4.3	4	30	37	19.05
4:00-5:00	7	0.375	-17	6.5	8	200	44	18.7
5:00-6:00	7	0.25	-14	8.4	6	126	54	17.65
6:00-7:00	7	0.3125	-14	9.4	11	100	60	17.1
7:00-8:00	7	0.3125	-8	5.3	15	80	41	18.5
8:00-9:00	7	0.375	-4	5.8	15	80	33	22.45
9:00-10:00	7	0.375	-1	5.4	17	50	26	25.85

Cuadro C22. Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 1 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	1	0.625	7	9.7	15	84	47.07692308	21.21538462
22:00-1:00	1	0.75	5	9.9	15	86	54.38461538	19.12307692
1:00-4:00	1	0.4125	4	10.3	15	120	63.92307692	17.03076923
4:00-7:00	1	0.65	4	10.4	15	120	69.53846154	15.85384615
7:00-10:00	1	0.6875	5	11.4	20	98	59.84615385	19.20769231

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C. 23 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 2 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	2	1	5	5.3	15	50	22.56153846	31.84615385
22:00-1:00	2	0.5	4	5.5	16	160	20.3	37
1:00-4:00	2	0.5	4	5.7	16	200	18.16923077	43.07692308
4:00-7:00	2	0.3125	4	5.4	16	84	16.60769231	46.92307692
7:00-10:00	2	0.625	4	5.7	19	102	20.05384615	38.23076923

Cuadro C.24 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 3 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	3	0.8125	-1	8.1	12	50	42.38461538	21.06153846
22:00-1:00	3	0.9375	-1	9.5	13	270	58.53846154	17.53846154
1:00-4:00	3	0.875	-1	9.6	12	300	64.84615385	16.06923077
4:00-7:00	3	0.575	-1	9.7	12	370	69.92307692	15.00769231
7:00-10:00	3	0.8	1	10.3	11	332	59.84615385	18.06153846

Cuadro C.25 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 4 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	4	0.8125	-4	7.3	15	300	46.23076923	18.9
22:00-1:00	4	1.125	-6	6.3	13	220	51.07692308	16.23846154
1:00-4:00	4	1.375	-5	5.1	10	220	54.53846154	13.93846154
4:00-7:00	4	0.75	-5	5.9	10	180	61	13.12307692
7:00-10:00	4	1.125	-2	6.6	16	122	41.92307692	19.56923077



Cuadro C.26 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 5 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	5	0.6875	-7	7.1	15	290	43.92307692	19.4
22:00-1:00	5	0.9375	-7	7.6	15	310	53	17.05
1:00-4:00	5	1.25	-10	6.7	10	320	54.61538462	15.62857143
4:00-7:00	5	1.1875	-7	6.3	13	298	58.15384615	14.30714286
7:00-10:00	5	1.125	-5	6.5	15	174	44.92307692	18.38571429

Cuadro C.27 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 6 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	6	1.0625	-10	10.2	15	256	68.61538462	15.82307692
22:00-1:00	6	0.9375	-12	10.2	10	390	71.15384615	15.32307692
1:00-4:00	6	0.75	-11	10.6	10	360	79.15384615	14.1
4:00-7:00	6	1.0625	-10	10.5	9	360	83.07692308	13.23076923
7:00-10:00	6	1.0625	-7	11.1	15	360	66.92307692	17.18461538

Cuadro C.28 Datos de consumo de energía, temperatura de evaporador, temperatura de rocío, temperatura ambiente a 30 cm, volumen de agua, promedio de humedad y promedio de la temperatura cada tres horas para el Nivel 7 a 2241 m.

Hora	Nivel	Consumo de energía (kw h <sup>-1</sup> )	Temperatura de Evaporador (°C)	Temperatura de rocío (°C)	Temperatura ambiente a 30 cm (°C)	Volumen de agua (ml)	Promedio de Humedad (%)	Promedio de temperatura (°C)
19:00-22:00	7	1.1375	-7	10.5	15	340	55	19.61538462
22:00-1:00	7	1.25	-11	10.6	11	450	57.92307692	18.9
1:00-4:00	7	1.375	-11	9.5	11	400	61.61538462	16.70769231
4:00-7:00	7	1.5	-10	9.6	10	390	64.69230769	16.08461538
7:00-10:00	7	1.1875	-10	10.6	14	350	58.46153846	18.72307692

## ANEXO B

Datos de humedad relativa y temperatura del 14 de marzo al 3 de junio del 2008, con la estación meteorológica automática ubicada en el sitio de estudio.

14 de marzo		15 de marzo		16 de marzo		17 de marzo		17 de marzo	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
12:00:00		12:00:00	13.8	12:00:00	13.8	12:00:00	12.1	12:00:00	15.4
01:00:00		01:00:00	10.5	01:00:00	10.5	01:00:00	11	01:00:00	15.7
02:00:00		02:00:00	11.5	02:00:00	11.5	02:00:00	9.4	02:00:00	15.5
03:00:00		03:00:00	9.8	03:00:00	9.8	03:00:00	8.3	03:00:00	14.9
04:00:00		04:00:00	10	04:00:00	10	04:00:00	6.7	04:00:00	14
05:00:00		05:00:00	8	05:00:00	8	05:00:00	5.8	05:00:00	12.4
06:00:00		06:00:00	6.2	06:00:00	6.2	06:00:00	5.5	06:00:00	12.8
07:00:00		07:00:00	5.5	07:00:00	5.5	07:00:00	5.3	07:00:00	11.6
08:00:00		08:00:00	7.5	08:00:00	7.5	08:00:00	8.5	08:00:00	13
09:00:00		09:00:00	14	09:00:00	14	09:00:00	14.8	09:00:00	17.4
10:00:00		10:00:00	16.2	10:00:00	16.2	10:00:00	17.2	10:00:00	20.2
11:00:00		11:00:00	18.8	11:00:00	18.8	11:00:00	20.7	11:00:00	21.9
12:00:00	20	12:00:00	21.2	12:00:00	21.2	12:00:00	23.1	12:00:00	23.1
01:00:00	25	01:00:00	21.1	01:00:00	22.7	01:00:00	24.3	01:00:00	24
02:00:00	20	02:00:00	22.5	02:00:00	24	02:00:00	25.2	02:00:00	21
03:00:00	20	03:00:00	23.1	03:00:00	25	03:00:00	25.6	03:00:00	20
04:00:00	20	04:00:00	23.4	04:00:00	25.1	04:00:00	25.6	04:00:00	30
05:00:00	23	05:00:00	22.7	05:00:00	24.4	05:00:00	25	05:00:00	27
06:00:00	29	06:00:00	21.6	06:00:00	22.8	06:00:00	23.4	06:00:00	
07:00:00	30	07:00:00	20.4	07:00:00	21.3	07:00:00	21.6	07:00:00	
08:00:00	32	08:00:00	18.7	08:00:00	19.9	08:00:00	20.2	08:00:00	
09:00:00	35	09:00:00	17.3	09:00:00	19.2	09:00:00	18.7	09:00:00	
10:00:00	37	10:00:00	16.2	10:00:00	17.7	10:00:00	18	10:00:00	
11:00:00	40	11:00:00	14.7	11:00:00	15	11:00:00	17.2	11:00:00	

19 de marzo		20 de marzo		21 de marzo		22 de marzo		22 de marzo		22 de marzo	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
35	23.2	39	23.8	35	23.8	35	22.6	32	22.6	32	23.6
36	23.9	41	23.4	36	23.4	36	22.1	33	22.1	33	23.1
37	23.8	43	23.2	36	23.2	36	21.5	34	21.5	34	22.7
39	23.7	46	23	38	23	38	20.8	34	20.8	34	22.2
40	23.4	47	22.4	38	22.4	38	20.3	35	20.3	35	21.6
41	23.3	48	22.3	39	22.3	39	19.5	36	19.5	36	21.1
42	23	48	22	39	22	39	19	36	19	36	20.5
42	22.7	47	21.7	40	21.7	40	18.6	36	18.6	36	19.9
36	22.4	46	21.1	40	21.1	40	17.9	37	17.9	37	19.3
32	22.9	44	19.3	40	19.3	40	17.7	37	17.7	37	19
31	23	45	18.8	40	18.8	40	17.8	32	17.8	32	19
28	23.1	40	20.2	40	20.2	40	18.5	32	18.5	32	19.7
30	23	35	21.4	39	21.4	39	19.3	30	19.3	30	21.1
29	22.8	26	24.4	38	24.4	38	20.4	32	20.4	32	22.3
31	22.7	19	27.5	37	27.5	37	21.6	26	21.6	26	23.3
27	22.9	17	27.6	36	27.6	36	22.8	26	22.8	26	24.4
27	23.1	18	27.1	35	27.1	35	23.5	27	23.5	27	25.3
26	23.3	21	24.7	34	24.7	34	24.2	28	24.2	28	25.9
28	23.7	22	23.5	33	23.5	33	24.6	28	24.6	28	26.1
29	24.3	27	21.4	33	21.4	33	24.8	28	24.8	28	26.3
29	24.7	32	19.6	32	19.6	32	25	28	25	28	26
30	25	37	21.7	28	21.7	28	24.6	28	24.6	28	25.6
31	25.1	35	23.2	31	23.2	31	24.4	30	24.4	30	25.3
35	25	35	23	32	23	32	23.9	32	23.9	32	24.8

23 de marzo		24 de marzo		25 de marzo		26 de marzo		26 de marzo	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
33	24.3	35	23.4	41	19.5	39	19.5	39	21.9
33	23.7	35	22.6	42	19.1	40	19.1	40	21.4
34	23.2	36	22.1	42	18.6	41	18.6	41	20.8
34	22.6	37	21.4	43	18	42	18	42	20.4
35	22.1	38	21	44	17.5	43	17.5	43	19.8
36	21.5	39	20.5	45	17.1	44	17.1	44	19.2
36	21	39	20	45	16.7	44	16.7	44	18.8
36	20.5	40	19.5	46	16.5	45	16.5	45	18.4
36	20.1	41	19.2	47	15.9	46	15.9	46	18
30	19.7	41	19	48	15.8	46	15.8	46	17.7
30	19.7	41	18.8	46	16.7	44	16.7	44	18.9
31	20.2	40	18.7	43	17.8	40	17.8	40	20.4
30	21	41	18.8	39	21.3	39	21.3	39	21.3
29	22	41	19.1	39	20.6	38	20.6	38	22.3
27	23.2	40	19.8	37	21.7	37	21.7	37	23.3
25	24.3	39	20.2	36	22.7	36	22.7	36	24
25	24.9	39	20.6	36	23.3	35	23.3	35	24.4
25	25.2	39	20.9	35	23.6	36	23.6	36	24.8
26	25.3	38	21	36	23.8	35	23.8	35	25
26	25.4	38	21.2	35	23.7	36	23.7	36	25.1
27	25.3	39	21	35	23.6	36	23.6	36	24.7
30	25	39	20.8	36	23.3	36	23.3	36	24.3
32	24.4	39	20.5	38	23	37	23	37	23.8
34	23.9	40	20	38	22.4	38	22.4	38	23.2

27 de marzo		28 de marzo		29 de marzo		30 de marzo		31 de marzo	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
39	22.7	39	24.3	36	23.8	36	23.8	45	23.1
39	22.1	40	23.7	38	23.5	38	23.5	46	22.5
40	21.6	40	23.1	39	23.1	39	23.1	47	21.9
41	21.1	41	22.7	40	22.7	40	22.7	48	21.5
41	20.5	42	22	41	22.1	41	22.1	48	20.9
41	20	42	21.5	41	21.7	41	21.7	49	20.5
42	19.4	43	21	42	21.1	42	21.1	50	20.1
42	18.9	43	20.5	43	20.7	43	20.7	50	19.7
45	18.6	45	20.2	43	20.3	43	20.3	50	19.4
43	18.7	46	20.2	43	20.4	43	20.4	49	19.6
41	19.7	42	21	41	21.2	41	21.2	47	20.3
39	20.8	40	22.2	39	22.5	39	22.5	45	21.5
37	22.2	37	23.7	36	23.9	36	23.9	42	22.9
36	23.6	36	24.8	31	25.4	31	25.4	33	24.7
35	24.4	35	25.8	30	26.8	30	26.8	29	26.3
34	25.3	34	26.5	29	27.2	29	27.2	29	27
32	25.8	34	26.9	33	27.2	33	27.2	34	26.4
27	26.2	34	27.1	34	27.4	34	27.4	37	26.5
31	26.4	32	26.8	33	27.2	33	27.2	36	26.7
34	26.3	33	26.6	38	26.6	38	26.6	38	26.7
34	26.1	36	26.4	41	25.8	41	25.8	38	26.5
36	25.8	37	26	42	25.2	42	25.2	38	26.2
37	25.4	35	25.5	43	24.4	43	24.4	39	25.6
38	24.9	32	24.4	44	23.8	44	23.8	41	25.3

31 de marzo		1 de abril		2 de abril		3 de abril	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
43	24.9	42	26.3	36	27.1	32	27.4
43	24.3	41	25.9	37	26.6	34	26.9
42	24	41	25.3	37	25.9	35	26.2
43	23.5	41	24.8	38	25.3	36	25.6
43	23.2	41	24.2	39	24.7	37	25.1
44	22.7	42	23.6	39	24.1	38	24.4
44	22.1	43	23.1	40	23.6	38	23.8
44	21.8	43	22.7	40	23.1	37	23.2
45	21.3	43	22.1	41	22.6	31	18.7
46	21.2	44	22	40	22.3	30	19.8
44	21.6	43	22.4	39	22.7	24	22.9
44	22.2	43	23.1	38	23.3	20	25.5
43	23.1	43	24.2	32	24.6	16	28.3
41	24.3	40	25.1	22	26.3	13	29.8
39	25.2	38	26.3	18	27.5	13	30.1
38	26.1	37	27.2	19	28.3	10	29.8
37	26.6	36	27.7	20	28.5	10	29.4
35	27.2	36	28.2	23	28.9	10	28.9
35	27.7	33	28.6	23	29.2	11	28.3
38	27.7	33	28.8	25	29.2	12	27.3
38	27.6	35	28.6	26	28.9	22	25.1
37	27.6	35	28.6	28	28.8	25	23.3
39	27.2	35	28.1	30	28.4	26	22.6
41	26.9	37	27.6	31	28.1	28	21.5

4 de abril		5 de abril		6 de abril		7 de abril		7 de abril	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
31	20.5	31	20.7	37	18.5	37	18.5	28	19.2
35	18.9	41	18.9	34	17.9	34	17.9	29	18.2
36	18.3	42	17.8	35	17.3	35	17.3	29	17.1
37	17.5	53	17.3	35	16.3	35	16.3	32	16.3
39	17.1	61	16.6	40	15.7	40	15.7	36	15.5
41	16.5	69	15.5	46	14.8	46	14.8	37	14.9
43	16.2	70	15	47	14.4	47	14.4	38	14.6
42	16.6	66	15.7	45	13.9	45	13.9	39	14.7
37	19.1	56	18.2	40	15.3	40	15.3	37	16.2
26	23.2	42	22.7	32	19.1	32	19.1	31	19.7
15	28.1	33	25.4	18	26.5	18	26.5	27	22.3
13	30.1	26	28.1	14	29.6	14	29.6	24	24.6
12	31.6	23	29.1	12	30.2	12	30.2	19	27.3
11	31.4	21	28.9	11	30	11	30	18	28.1
11	31.2	20	28.5	10	31.2	10	31.2	17	28.4
11	30.5	23	27.1	10	29.8	10	29.8	17	27.9
12	30	22	27	10	29.3	10	29.3	17	27.2
12	28.9	27	25.3	22	26.3	22	26.3	16	27.5
18	27.4	33	23	24	25	24	25	15	27
28	24.8	34	21.4	22	23.7	22	23.7	16	26.1
30	23.3	35	20.4	22	22.5	22	22.5	22	24.3
31	22.2	36	19.8	24	21.6	24	21.6	23	23.3
32	21.4	37	19.2	26	20.8	26	20.8	25	22.3
				27	20	27	20	27	21.4



8 de abril		9 de abril		10 de abril		11 de abril		Temperatura		Humedad Relativa		Temperatura		Humedad Relativa	
	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa
12:00:00	29	22.9	40	20.1	41	18.9	41	18.9	21	20.5	21	18.9	21	20.5	21
01:00:00	29	24.9	41	19.6	37	18.3	37	18.3	22	19.8	22	18.3	22	19.8	22
02:00:00	30	24.8	42	19.2	33	17.7	33	17.7	26	19.2	26	17.7	26	19.2	26
03:00:00	31	24.4	41	18.6	37	17.1	37	17.1	25	18.7	25	17.1	25	18.7	25
04:00:00	32	23.8	44	17.9	39	16.1	39	16.1	28	18.3	28	16.1	28	18.3	28
05:00:00	33	23.4	48	17.3	41	15.7	41	15.7	32	16.9	32	15.7	32	16.9	32
06:00:00	34	22.9	52	16.8	39	15.1	39	15.1	33	16.5	33	15.1	33	16.5	33
07:00:00	36	22.4	52	16.9	40	14.6	40	14.6	34	16.3	34	14.6	34	16.3	34
08:00:00	37	22.1	51	17.2	36	16.8	36	16.8	33	17.3	33	16.8	33	17.3	33
09:00:00	37	21.9	42	20.3	24	23.7	24	23.7	28	20.2	28	23.7	28	20.2	28
10:00:00	36	22.2	26	27	21	26.8	21	26.8	18	26.6	18	26.8	18	26.6	18
11:00:00	35	23.1	24	27.1	17	26.3	17	26.3	12	29.6	12	26.3	12	29.6	12
12:00:00	30	24.6	21	28.1	13	28.9	13	28.9	12	28.9	12	28.9	12	28.9	12
01:00:00	20	27.5	19	28.7	13	29.6	13	29.6	12	30.1	12	29.6	12	30.1	12
02:00:00	15	29.6	19	29.4	13	30.1	13	30.1	12	30.4	12	30.1	12	30.4	12
03:00:00	14	29.8	22	28	13	29.4	13	29.4	12	29	12	29.4	12	29	12
04:00:00	26	26.7	25	26.9	14	29.1	14	29.1	12	29.2	12	29.1	12	29.2	12
05:00:00	30	24.5	29	25	20	27.3	20	27.3	12	28.5	12	27.3	12	28.5	12
06:00:00	28	23.4	28	24.8	19	25.9	19	25.9	16	27.1	16	25.9	16	27.1	16
07:00:00	30	23.3	33	22.5	20	24.7	20	24.7	24	24.1	24	24.7	24	24.1	24
08:00:00	33	22.1	42	20.3	24	23.6	24	23.6	34	21.3	34	23.6	34	21.3	34
09:00:00	33	22.2	39	20.5	22	22.9	22	22.9	37	19.7	37	22.9	37	19.7	37
10:00:00	35	21.8	39	20	20	22	20	22	37	20	37	22	37	20	37
11:00:00	38	20.9	41	19.4	20	21.3	20	21.3	38	20.3	38	21.3	38	20.3	38

12 de abril		13 de abril		14 de abril		15 de abril		Temperatura		Humedad Relativa		Temperatura		
12:00:00	40	12:00:00	73	12:00:00	71	12:00:00	71	11.4	11.4	50	14.2	12:00:00	50	14.2
01:00:00	47	01:00:00	72	01:00:00	71	01:00:00	71			52	13.9	01:00:00	52	13.9
02:00:00	47	02:00:00	72	02:00:00	72	02:00:00	70	11.4	11.4	55	13	02:00:00	55	13
03:00:00	47	03:00:00	72	03:00:00	72	03:00:00	71	11.3	11.3	56	12.7	03:00:00	56	12.7
04:00:00	45	04:00:00	72	04:00:00	72	04:00:00	71	11.3	11.3	59	12.5	04:00:00	59	12.5
05:00:00	45	05:00:00	70	05:00:00	70	05:00:00	73	11.1	11.1	61	12.1	05:00:00	61	12.1
06:00:00	45	06:00:00	72	06:00:00	72	06:00:00	75	10.8	10.8	62	12.1	06:00:00	62	12.1
07:00:00	50	07:00:00	71	07:00:00	71	07:00:00	75	10.9	10.9	63	11.9	07:00:00	63	11.9
08:00:00	57	08:00:00	70	08:00:00	70	08:00:00	74	10.9	10.9	62	12.4	08:00:00	62	12.4
09:00:00	47	09:00:00	65	09:00:00	65	09:00:00	72	11.5	11.5	52	15.4	09:00:00	52	15.4
10:00:00	40	10:00:00	65	10:00:00	65	10:00:00	62	14.2	14.2	45	17.8	10:00:00	45	17.8
11:00:00	35	11:00:00	53	11:00:00	53	11:00:00	52	16.7	16.7	42	19.5	11:00:00	42	19.5
12:00:00	30	12:00:00	48	12:00:00	48	12:00:00	40	20.5	20.5	36	21.9	12:00:00	36	21.9
01:00:00	26	01:00:00	48	01:00:00	48	01:00:00	34	23	23	28	25.4	01:00:00	28	25.4
02:00:00	23	02:00:00	45	02:00:00	45	02:00:00	31	24.6	24.6	25	26	02:00:00	25	26
03:00:00	25	03:00:00	48	03:00:00	48	03:00:00	29	24.1	24.1	27	24.3	03:00:00	27	24.3
04:00:00	47	04:00:00	47	04:00:00	47	04:00:00	29	23.7	23.7	29	22.9	04:00:00	29	22.9
05:00:00	54	05:00:00	49	05:00:00	49	05:00:00	37	22.1	22.1	27	22.5	05:00:00	27	22.5
06:00:00	56	06:00:00	52	06:00:00	52	06:00:00	40	20.4	20.4	32	21	06:00:00	32	21
07:00:00	58	07:00:00	56	07:00:00	56	07:00:00	41	19.1	19.1	50	19.4	07:00:00	50	19.4
08:00:00	73	08:00:00	60	08:00:00	60	08:00:00	42	17.5	17.5	53	18.3	08:00:00	53	18.3
09:00:00	77	09:00:00	66	09:00:00	66	09:00:00	42	16.6	16.6	55	17.5	09:00:00	55	17.5
10:00:00	75	10:00:00	69	10:00:00	69	10:00:00	44	15.8	15.8	53	17.1	10:00:00	53	17.1
11:00:00	73	11:00:00	72	11:00:00	72	11:00:00	47	14.9	14.9	54	17.2	11:00:00	54	17.2

16 de abril		17 de abril		18 de abril		19 de abril		Temperatura		Temperatura		Temperatura	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
54	17	34	19.1	69	15.7	72	15.7	72	15.7	72	15.7	72	16
52	16.2	37	18.4	68	15.8	74	15.8	74	15.8	74	15.8	74	15.6
50	16.2	37	17.7	70	15.5	76	15.5	76	15.5	76	15.5	76	15.2
49	16.1	37	17.7	71	15.2	75	15.2	75	15.2	75	15.2	75	15
50	15	34	17.5	69	15.4	78	15.4	78	15.4	78	15.4	78	14.5
59	14.2	32	17.1	73	14.8	80	14.8	80	14.8	80	14.8	80	14.1
61	13.3	37	16.5	77	14.3	81	14.3	81	14.3	81	14.3	81	13.7
63	13.3	39	16	81	13.9	82	13.9	82	13.9	82	13.9	82	13.7
61	14	39	17.1	81	14.7	78	14.7	78	14.7	78	14.7	78	14.6
49	17.7	28	21.5	64	18.8	65	18.8	65	18.8	65	18.8	65	18.1
38	21.1	26	25.2	49	22	51	22	51	22	51	22	51	21.2
34	22.9	26	26.5	38	25	42	25	42	25	42	25	42	23.9
		25	26.9	25	28.3	34	28.3	34	28.3	34	28.3	34	27
18	28.1	25	27.2	23	29.1	26	29.1	26	29.1	26	29.1	26	29.2
19	27.8	26	26.9	22	28.9	26	28.9	26	28.9	26	28.9	26	28
19	27.2	34	24	21	28.6	21	28.6	21	28.6	21	28.6	21	28.1
19	26.3	36	23.4	22	28.3	19	28.3	19	28.3	19	28.3	19	28
19	25.2	38	22.2	22	27.8	31	27.8	31	27.8	31	27.8	31	25.6
25	23.6	49	20.7	29	26.3	30	26.3	30	26.3	30	26.3	30	25.1
38	20.9	60	17.7	33	24.9	32	24.9	32	24.9	32	24.9	32	24
38	20.2	71	16.5	63	19.3	36	19.3	36	19.3	36	19.3	36	23.1
36	20.3	77	15.8	76	17.3	35	17.3	35	17.3	35	17.3	35	22.3
30	20.1	75	16.1	70	16.6	33	16.6	33	16.6	33	16.6	33	21.6
23	20.1	72	15.7	69	15.7	34	15.7	34	15.7	34	15.7	34	21.1

20 de abril		21 de abril		22 de abril		23 de abril		23 de abril	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
36	20.3	29	21.9	30	22.2	30	22.2	32	21.2
44	19.3	34	20.9	34	20.9	34	20.9	33	20.7
44	18.6	37	19.8	34	20.4	34	20.4	35	20.1
44	18	39	19.1	36	19.3	36	19.3	37	19.6
47	17.4	40	18.5	38	18.8	38	18.8	39	19.3
49	17	41	17.8	40	18.3	40	18.3	49	18.1
53	16.8	41	17.4	40	18.1	40	18.1	59	17.2
54	16.2	46	17.3	43	17.6	43	17.6	61	17
52	17.2	42	18.4	39	19.4	39	19.4	59	17.5
41	22.1	34	22.4	27	25.5	27	25.5	44	21.7
31	25.8	26	26.3	25	26.2	25	26.2	34	24.7
29	27.1	21	27.9	20	28.6	20	28.6	31	26.3
25	29.2	16	31.2	15	31.2	15	31.2	23	28.8
18	31.1	15	32.2	13	32.6	13	32.6	17	30.8
17	31.9	14	32.3	11	32.4	11	32.4	15	31
17	30.2	13	31.9	11	31.4	11	31.4	15	30.4
16	29.7	13	30.8	12	31.1	12	31.1	27	26.8
17	28.6	12	30.3	13	29.4	13	29.4	61	17.7
18	27.7	18	28.4	20	27.1	20	27.1	52	19.4
22	26.5	22	25.7	26	24.7	26	24.7	69	16.1
24	25.5	23	25	29	23.4	29	23.4	90	13.6
25	23.9	24	24.2	36	21.2	36	21.2	85	14.2
27	23.1	25	24.2	33	21.1	33	21.1	69	15.7
28	22.6	27	23.3	32	21	32	21	67	16.1

24 de abril		25 de abril		26 de abril		27 de abril		27 de abril	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
65	16.2	43	19	12:00:00	12:00:00	49	17.6	12:00:00	17.6
56	16.9	44	18.5	01:00:00	01:00:00	39	19.6	01:00:00	16.9
61	15.8	46	18.2	02:00:00	02:00:00	40	19.2	02:00:00	16.2
71	14.5	48	18	03:00:00	03:00:00	42	18.9	03:00:00	15.8
76	13.5	51	17.3	04:00:00	04:00:00	43	18.5	04:00:00	15.6
75	13.4	52	16.6	05:00:00	05:00:00	45	18.3	05:00:00	15.1
70	13.4	53	16.5	06:00:00	06:00:00	46	17.7	06:00:00	14.7
68	13.6	56	16.2	07:00:00	07:00:00	47	17.7	07:00:00	14.9
62	14.9	54	17	08:00:00	08:00:00	44	19.3	08:00:00	16.1
47	18.8	45	20.2	09:00:00	09:00:00	39	21.5	09:00:00	18.9
38	22.9	37	22.7	10:00:00	10:00:00	31	24.6	10:00:00	21.4
28	27.1	28	25.6	11:00:00	11:00:00	27	25.8	11:00:00	24.6
26	28.1	21	28.5	12:00:00	12:00:00	20	29	12:00:00	28.2
23	29.3	18	30.1	01:00:00	01:00:00	18	29.9	01:00:00	28.6
19	29.4	16	30	02:00:00	02:00:00	20	28.3	02:00:00	24.9
16	29.4	16	29.8	03:00:00	03:00:00	31	23.1	03:00:00	22.7
18	28.2	16	29.1	04:00:00	04:00:00	41	20.1	04:00:00	23.4
25	26.3	23	27.2	05:00:00	05:00:00	44	18.9	05:00:00	23.5
24	23.6	26	25.2	06:00:00	06:00:00	47	18.5	06:00:00	21.5
30	21.7	24	23.4	07:00:00	07:00:00	44	19.3	07:00:00	
48	18.5	32	22.3	08:00:00	08:00:00	43	18.9	08:00:00	18
47	18.2	34	21.3	09:00:00	09:00:00	45	18.6	09:00:00	16.1
41	19.5	41	19.2	10:00:00	10:00:00	49	18	10:00:00	15.3
43	19.2	39	19.9	11:00:00	11:00:00	47	18.1	11:00:00	15

28 de abril		29 de abril		30 de abril		1 de mayo		1 de mayo	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
70	14.4	84	13.1	77	12.6	77	12.6	57.25	14.375
70	14.1	85	12.7	84	12.2	84	12.2	59	13.9
72	14.1	84	12.5	88	11.1	88	11.1	59.6	13.38
72	14	85	12.3	87	11	87	11	63.8	12.9
75	13.7	85	12.2	87	10.7	87	10.7	69.4	12.48
77	13.2	85	12	87	10.8	87	10.8	68.4	12.04
80	12.8	84	11.8	88	10.8	88	10.8	67.2	11.9
79	12.9	84	12.2	88	10.8	88	10.8	63.4	12.86
77	13.3	83	13	85	11.7	85	11.7	51.8	16.52
68	15	76	15	71	15.2	71	15.2	42.4	20.3
56	17.8	64	17.5	54	19	54	19	32.2	23.96
45	20.9	47	22	43	21.9	43	21.9	27.6	26.04
41	22.3	36	23.9	34	24.2	34	24.2	23.8	26.98
37	24	32	24.3	29	22.625	29	22.625	19.6	27.2
38	24	37	21.9	23.4	25.56	23.4	25.56	28.2	24.48
44	21.2	52	17.8	27	23.3	27	23.3	28.6	24.54
66	17.1	63	16.1	32.6	20.58	32.6	20.58	29.6	24.1
85	12.9	81	13.7	36	20.625	36	20.625	30.6	23.82
83	13.3	73	14.6	35.2	20.96	35.2	20.96	29.8	23.52
84	13.2	66	15.5	37.2	20.1	37.2	20.1	32.4	22.14
89	12.5	70	15.4	40	19.1	40	19.1	31.4	20.84
89	12.4	73	15	44.4	17.86	44.4	17.86	27.6	19.86
87	12.5	73	14	47.8	16.98	47.8	16.98	26.8	19.06
83	12.9	74	13.2	52.8	16.16	52.8	16.16	27	18.7

2 de mayo		3 de mayo		4 de mayo		5 de mayo		5 de mayo	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
26	18.5	24	19.4	57	18.4	56	17.8	56	17.8
28.6	18	28.2	18.8	55.8	18.02	56.2	17.66	56.2	17.66
33	16.7	32.4	17.68	55.6	17.48	55.8	17.26	55.8	17.26
38.2	15.64	35.6	17.02	58.2	16.98	58.8	16.82	58.8	16.82
44.6	14.72	39.8	16.24	60	16.58	61.2	16.12	61.2	16.12
46.2	14.1	41.4	15.48	61	16.4	60	15.8	60	15.8
49	14.06	44	15.16	60.6	16.34	58.4	15.4	58.4	15.4
50.4	14.22	45.2	15.12	60.2	16.08	56.6	15.32	56.6	15.32
47.8	15.2	40	16.68	58.2	16.82	51	16.2	51	16.2
34.2	18.58	31.8	18.44	48.8	19.84	43.6	18.8	43.6	18.8
25.4	21.66	27.6	20.88	39.2	22.22	33.8	21.9	33.8	21.9
22	24.1	21	25.14	28.4	24.64	22.6	24.62	22.6	24.62
19	26.56	16.4	27.94	22.6	27.16	18.6	26.88	18.6	26.88
17.8	27.64	17	27.56	20.4	28.08	18	28.64	18	28.64
18.2	27.6	16.6	29.08	19.8	28.14	18	29.3	18	29.3
18.4	27.42	16.8	28.72	18.8	27.74	18.2	28.42	18.2	28.42
19	27.2	17.2	27.6	18.6	27.34	17	28.64	17	28.64
20.4	26.12	17.6	27.46	18.8	26.98	17.8	27.94	17.8	27.94
20.8	25.56	18.2	26.96	20	26.04	25.2	26.62	25.2	26.62
21.4	24.42	23.2	25.74	25	24.98	34.6	24.56	34.6	24.56
22.4	22.7	28.4	23.46	37.6	22.96	38	23.34	38	23.34
24.2	21.56	32.6	22.02	48.8	20.6	41.6	22.42	41.6	22.42
25.8	20.86	35.2	21.4	54.6	19	46.4	21.22	46.4	21.22
24.2	20.6	42.8	20.54	56	18.24	49	20.56	49	20.56

6 de mayo		7 de mayo		8 de mayo		9 de mayo		Humedad Relativa		Temperatura	
12:00:00	51	19.1	52	20.8	12:00:00	56	20.6	12:00:00	71	17.5	17.5
01:00:00	49.6	19.34	53	20.275	01:00:00	56.2	20.72	01:00:00	70.2	17.52	17.52
02:00:00	57	18.76	53.75	19.85	02:00:00	59.4	20.26	02:00:00	71.4	17.3	17.3
03:00:00	60.4	17.66	53.5	19.275	03:00:00	58.6	19.86	03:00:00	72.2	16.5	16.5
04:00:00	54.4	17.22	54.75	18.95	04:00:00	60.8	19.12	04:00:00	71.8	16.52	16.52
05:00:00	55.4	16.8	57.25	18.35	05:00:00	63.6	18.54	05:00:00	70.6	16.76	16.76
06:00:00	57.8	16.38	54.25	17.9	06:00:00	62.4	18.46	06:00:00	73.6	16.78	16.78
07:00:00	58.2	16.22	50	17.7	07:00:00	63.2	18.48	07:00:00	72.8	16.96	16.96
08:00:00	55.8	17.1	50.5	17.95	08:00:00	56.8	19.14	08:00:00	70.4	17.66	17.66
09:00:00	47.2	19.76	47	20.3	09:00:00	46.4	21.18	09:00:00	62.8	19.72	19.72
10:00:00	38.2	22.68	39.25	24.9	10:00:00	34	25.46	10:00:00	45.6	25.78	25.78
11:00:00	31.2	25.72	35.75	26.025	11:00:00	28.4	27.26	11:00:00	36.6	28.32	28.32
12:00:00	25.2	28.3	32.25	27	12:00:00	25.2	29.02	12:00:00	33.4	28.5	28.5
01:00:00	22.4	29.72	28.75	28.8	01:00:00	23.8	29.88	01:00:00	24.6	30.02	30.02
02:00:00	22.4	29.32	23.25	30.95	02:00:00	22.2	30.72	02:00:00	20.8	31.12	31.12
03:00:00	20.8	29.06	19.25	30.25	03:00:00	22.4	30.4	03:00:00	21.2	30.66	30.66
04:00:00	18.4	28.84	19.75	29.4	04:00:00	22.6	30.24	04:00:00	22.8	29.5	29.5
05:00:00	20.6	28.36	21	29.05	05:00:00	25.2	30	05:00:00	24	29.26	29.26
06:00:00	22.2	27.84	25.5	27.85	06:00:00	48	24.38	06:00:00	46	23.22	23.22
07:00:00	32	25.8	32.5	26.3	07:00:00	59.2	20.84	07:00:00	50.2	20.96	20.96
08:00:00	40.6	23.98	39	24.875	08:00:00	67.4	19.76	08:00:00	52.2	20.1	20.1
09:00:00	42.6	23.4	60.75	21.95	09:00:00	69	18.96	09:00:00	43.2	20.5	20.5
10:00:00	46.8	22.22	54.5	21.95	10:00:00	77.2	17.5	10:00:00	43.6	20.44	20.44
11:00:00	50.8	20.7	51	21.5	11:00:00	77.2	16.58	11:00:00	48.2	20.26	20.26



10 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	11 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	12 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	13 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura
12:00:00 a.m.	51	19.6	12:00:00 a.m.	43	22.4	12:00:00 a.m.	49	19.9	12:00:00	41	20.7
01:00:00 a.m.	51.8	19.28	01:00:00 a.m.	46.8	21.66	01:00:00 a.m.	52.4	19.6	01:00:00	42	20.45
02:00:00 a.m.	53	18.62	02:00:00 a.m.	52.6	20.86	02:00:00 a.m.	55.4	18.98	02:00:00	45.75	19.775
03:00:00 a.m.	55.8	18.34	03:00:00 a.m.	53	20.46	03:00:00 a.m.	54.8	18.84	03:00:00	48.75	19
04:00:00 a.m.	56.6	17.6	04:00:00 a.m.	52.6	19.94	04:00:00 a.m.	58.2	18.24	04:00:00	49.5	18.55
05:00:00 a.m.	57.6	17.18	05:00:00 a.m.	56.2	19.4	05:00:00 a.m.	61.4	17.7	05:00:00	51	17.95
06:00:00 a.m.	59.6	16.92	06:00:00 a.m.	59.4	18.86	06:00:00 a.m.	63.4	17.24	06:00:00	56	17.775
07:00:00 a.m.	61.4	16.28	07:00:00 a.m.	54.8	18.44	07:00:00 a.m.	68	16.94	07:00:00	55.25	17.8
08:00:00 a.m.	60.4	16.5	08:00:00 a.m.	47.8	19.4	08:00:00 a.m.	64.8	17.38	08:00:00	49.75	18.85
09:00:00 a.m.	54.4	18.22	09:00:00 a.m.	43.2	21.68	09:00:00 a.m.	57.4	19.5	09:00:00	44.25	21.425
10:00:00 a.m.	37	25.14	10:00:00 a.m.	29.4	27.7	10:00:00 a.m.	44.4	23.86	10:00:00	30	27.625
11:00:00 a.m.	28	28.7	11:00:00 a.m.	26.6	28.58	11:00:00 a.m.	37	26.28	11:00:00	29	27.35
12:00:00 p.m.	25.6	29.42	12:00:00 p.m.	24	30.18	12:00:00 p.m.	33.4	27.56	12:00:00	24.5	29.25
01:00:00 p.m.	17.2	30.24	01:00:00 p.m.	20.6	31.06	01:00:00 p.m.	26	28.9	01:00:00	20.5	30.25
02:00:00 p.m.	14.4	30.14	02:00:00 p.m.	17.2	32.04	02:00:00 p.m.	20.2	30.08	02:00:00	18.75	29.95
03:00:00 p.m.	14	30.08	03:00:00 p.m.	15.2	31.98	03:00:00 p.m.	21.6	29.76	03:00:00	24.25	27.45
04:00:00 p.m.	14.6	29.82	04:00:00 p.m.	22.6	27.82	04:00:00 p.m.	29	27	04:00:00	47.25	21.45
05:00:00 p.m.	14	30.26	05:00:00 p.m.	24	25.7	05:00:00 p.m.	29.2	26.76	05:00:00	46.25	21.25
06:00:00 p.m.	18.4	29.36	06:00:00 p.m.	24.8	24.92	06:00:00 p.m.	28.2	26.48	06:00:00	53.75	20.25
07:00:00 p.m.	28.6	27.56	07:00:00 p.m.	31.4	22.98	07:00:00 p.m.	28.8	25.24	07:00:00	60	18.55
08:00:00 p.m.	36.6	25.96	08:00:00 p.m.	33.4	22.24	08:00:00 p.m.	31.2	24.54	08:00:00	57.75	18.95
09:00:00 p.m.	42	24.94	09:00:00 p.m.	30.8	22.38	09:00:00 p.m.	35.2	23.54	09:00:00	57.5	18.375
10:00:00 p.m.	42.2	24.46	10:00:00 p.m.	32	22.62	10:00:00 p.m.	37	22.58	10:00:00	61	17.475
11:00:00 p.m.	44	23.48	11:00:00 p.m.	44.8	21.08	11:00:00 p.m.	40	21.58	11:00:00	61.5	17.1

14 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	15 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	16 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	17 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura
12:00:00 a.m.	71	15.6	12:00:00 a.m.	46	18.5	12:00:00 a.m.	56	18.6	12:00:00 a.m.	63	17.7
01:00:00 a.m.	68.2	15.34	01:00:00 a.m.	46.8	18.34	01:00:00 a.m.	56.4	18.46	01:00:00 a.m.	62.8	17.54
02:00:00 a.m.	62	15.52	02:00:00 a.m.	49	17.96	02:00:00 a.m.	57	18.02	02:00:00 a.m.	64.6	17.04
03:00:00 a.m.	60	15.86	03:00:00 a.m.	50.8	17.4	03:00:00 a.m.	57.8	17.42	03:00:00 a.m.	64.8	16.9
04:00:00 a.m.	61.8	15.74	04:00:00 a.m.	52.2	16.86	04:00:00 a.m.	56	17.24	04:00:00 a.m.	60	16.86
05:00:00 a.m.	62.4	15.68	05:00:00 a.m.	53.8	16.66	05:00:00 a.m.	54	16.94	05:00:00 a.m.	60.2	16.52
06:00:00 a.m.	62.8	15.68	06:00:00 a.m.	53	16.42	06:00:00 a.m.	55.8	16.32	06:00:00 a.m.	62.8	15.76
07:00:00 a.m.	61.2	16.24	07:00:00 a.m.	52.2	16.4	07:00:00 a.m.	59	15.86	07:00:00 a.m.	65	15.54
08:00:00 a.m.	61.4	16.78	08:00:00 a.m.	51.2	17.2	08:00:00 a.m.	54.8	17.1	08:00:00 a.m.	63.2	16.52
09:00:00 a.m.	60.4	17.48	09:00:00 a.m.	45.6	19.52	09:00:00 a.m.	48	19.06	09:00:00 a.m.	53.2	18.98
10:00:00 a.m.	41	23.64	10:00:00 a.m.	30.8	25.88	10:00:00 a.m.	33.6	24.46	10:00:00 a.m.	36.4	25.2
11:00:00 a.m.	30.8	27.32	11:00:00 a.m.	26	26.4	11:00:00 a.m.	29.2	25.96	11:00:00 a.m.	33.4	26.12
12:00:00 p.m.	26.6	28.48	12:00:00 p.m.	21.6	27.9	12:00:00 p.m.	27	26.84	12:00:00 p.m.	36.4	24.46
01:00:00 p.m.	25.4	28.42	01:00:00 p.m.	22.4	28.18	01:00:00 p.m.	23.6	28.72	01:00:00 p.m.	42.8	22.58
02:00:00 p.m.	20.8	28.44	02:00:00 p.m.	22.8	27.88	02:00:00 p.m.	22	28.96	02:00:00 p.m.	43	22.44
03:00:00 p.m.	17.4	28.16	03:00:00 p.m.	24	26.9	03:00:00 p.m.	21.2	28.7	03:00:00 p.m.	55.4	20.06
04:00:00 p.m.	16.8	27.22	04:00:00 p.m.	26.4	25.7	04:00:00 p.m.	23	26.94	04:00:00 p.m.	67.8	18
05:00:00 p.m.	18.6	26.66	05:00:00 p.m.	21.6	26.06	05:00:00 p.m.	24.2	26.52	05:00:00 p.m.	70.8	17.04
06:00:00 p.m.	20.8	25.62	06:00:00 p.m.	20.8	25.28	06:00:00 p.m.	21.6	25.72	06:00:00 p.m.	74.4	16.84
07:00:00 p.m.	21.4	23.94	07:00:00 p.m.	26.2	24.04	07:00:00 p.m.	25.6	24.46	07:00:00 p.m.	71	17.54
08:00:00 p.m.	30.4	22.82	08:00:00 p.m.	32	22.86	08:00:00 p.m.	36.4	23.16	08:00:00 p.m.	69.2	17.84
09:00:00 p.m.	37	21.52	09:00:00 p.m.	34.6	22.08	09:00:00 p.m.	48.4	21.5	09:00:00 p.m.	60.6	18.28
10:00:00 p.m.	39.2	20.8	10:00:00 p.m.	36.8	21.48	10:00:00 p.m.	51.6	20.34	10:00:00 p.m.	59.4	18.26
11:00:00 p.m.	43	19.66	11:00:00 p.m.	45.6	20.62	11:00:00 p.m.	54.6	19.78	11:00:00 p.m.	60	17.96

18 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	21 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura
12:00:00 a.m.	64	17.3	68	16.3	58	18.9	71	15	12:00:00 a.m.	18.9	12:00:00 a.m.	71	15
01:00:00 a.m.	65.2	17.16	69.8	15.92	58.2	18.58	72.8	15	01:00:00 a.m.	18.58	01:00:00 a.m.	72.8	15
02:00:00 a.m.	64.2	16.92	71	15.28	59.6	17.46	77	14.64	02:00:00 a.m.	17.46	02:00:00 a.m.	77	14.64
03:00:00 a.m.	70	16.02	72.2	14.66	60.8	16.6	79.4	14.1	03:00:00 a.m.	16.6	03:00:00 a.m.	79.4	14.1
04:00:00 a.m.	72	15.08	70.8	14.76	64	16.12	81.2	13.66	04:00:00 a.m.	16.12	04:00:00 a.m.	81.2	13.66
05:00:00 a.m.	72.2	14.72	69.4	15.2	65.2	15.82	83.4	13.22	05:00:00 a.m.	15.82	05:00:00 a.m.	83.4	13.22
06:00:00 a.m.	72.8	14.78	72.6	14.7	64.4	16.08	83.2	13.22	06:00:00 a.m.	16.08	06:00:00 a.m.	83.2	13.22
07:00:00 a.m.	71.6	14.78	70.6	14.62	64.4	16.36	82.8	13.28	07:00:00 a.m.	16.36	07:00:00 a.m.	82.8	13.28
08:00:00 a.m.	70.2	15.8	67.2	15.92	63	16.8	79.6	13.84	08:00:00 a.m.	16.8	08:00:00 a.m.	79.6	13.84
09:00:00 a.m.	61.6	17.82	61.2	17.86	61.2	17.36	70.4	15.86	09:00:00 a.m.	17.36	09:00:00 a.m.	70.4	15.86
10:00:00 a.m.	45.6	22.28	47.6	22.18	59.8	17.76	52	21.48	10:00:00 a.m.	17.76	10:00:00 a.m.	52	21.48
11:00:00 a.m.	38.8	23.78	42	23.5	75.2	16.12	45.2	23.02	11:00:00 a.m.	16.12	11:00:00 a.m.	45.2	23.02
12:00:00 p.m.	42.2	21.56	37.2	24.26	85.6	14.82	40.2	23.88	12:00:00 p.m.	14.82	12:00:00 p.m.	40.2	23.88
01:00:00 p.m.	41.6	21.16	33.2	24.76	83.8	15.6	34.4	24.92	01:00:00 p.m.	15.6	01:00:00 p.m.	34.4	24.92
02:00:00 p.m.	39.8	21.58	30.8	26.12	81.4	16.04	31.4	25.68	02:00:00 p.m.	16.04	02:00:00 p.m.	31.4	25.68
03:00:00 p.m.	40	21.62	30	25.76	80.4	15.82	33	24.08	03:00:00 p.m.	15.82	03:00:00 p.m.	33	24.08
04:00:00 p.m.	49	19.62	31.2	25.38	76.4	16.14	33.6	23.4	04:00:00 p.m.	16.14	04:00:00 p.m.	33.6	23.4
05:00:00 p.m.	64.6	17.18	40.4	23.22	70.6	16.72	34.6	22.94	05:00:00 p.m.	16.72	05:00:00 p.m.	34.6	22.94
06:00:00 p.m.	61.4	17.86	41.8	22.66	66.8	16.76	32.2	22.48	06:00:00 p.m.	16.76	06:00:00 p.m.	32.2	22.48
07:00:00 p.m.	54	18.46	45.4	22.08	65.6	16.4	35.4	20.98	07:00:00 p.m.	16.4	07:00:00 p.m.	35.4	20.98
08:00:00 p.m.	53.4	18.02	52	20.38	66.8	15.96	40.8	20.12	08:00:00 p.m.	15.96	08:00:00 p.m.	40.8	20.12
09:00:00 p.m.	55.4	18.04	55.2	19.6	68	15.84	44.4	19.62	09:00:00 p.m.	15.84	09:00:00 p.m.	44.4	19.62
10:00:00 p.m.	60.8	17.8	55.2	19.44	71	15.66	44.4	18.88	10:00:00 p.m.	15.66	10:00:00 p.m.	44.4	18.88
11:00:00 p.m.	64.6	17.16	57.8	19.14	70.2	15.42	50	17.84	11:00:00 p.m.	15.42	11:00:00 p.m.	50	17.84

22 de mayo		23 de mayo		24 de mayo		25 de mayo		Temperatura		Temperatura		Temperatura	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
12:00:00 a.m.	55	16.7	12:00:00 a.m.			12:00:00 a.m.	33	19.2	12:00:00 a.m.	41.2	19.38		
01:00:00 a.m.	54.2	16.38	01:00:00 a.m.			01:00:00 a.m.	34.8	18.72	01:00:00 a.m.	42.4	18.58		
02:00:00 a.m.			02:00:00 a.m.			02:00:00 a.m.	37.2	18	02:00:00 a.m.	42	18.16		
03:00:00 a.m.			03:00:00 a.m.			03:00:00 a.m.	38	17.74	03:00:00 a.m.	43.8	17.74		
04:00:00 a.m.			04:00:00 a.m.			04:00:00 a.m.	38.4	17.48	04:00:00 a.m.	45.2	17.12		
05:00:00 a.m.			05:00:00 a.m.			05:00:00 a.m.	41.8	16.9	05:00:00 a.m.	48	16.32		
06:00:00 a.m.			06:00:00 a.m.			06:00:00 a.m.	43.6	16.54	06:00:00 a.m.	47.8	16.22		
07:00:00 a.m.			07:00:00 a.m.			07:00:00 a.m.	42	16.16	07:00:00 a.m.	46.4	16.88		
08:00:00 a.m.			08:00:00 a.m.			08:00:00 a.m.	39.8	16.56	08:00:00 a.m.	42	18.84		
09:00:00 a.m.			09:00:00 a.m.			09:00:00 a.m.	35.4	19.2	09:00:00 a.m.	30.8	24.04		
10:00:00 a.m.			10:00:00 a.m.			10:00:00 a.m.	26.8	24.98	10:00:00 a.m.	28.2	25.16		
11:00:00 a.m.			11:00:00 a.m.			11:00:00 a.m.	23.8	26.42	11:00:00 a.m.	24.6	27.28		
12:00:00 p.m.			12:00:00 p.m.			12:00:00 p.m.	19.8	27.66	12:00:00 p.m.	21.8	28.26		
01:00:00 p.m.			01:00:00 p.m.			01:00:00 p.m.	17	29.06	01:00:00 p.m.	17.4	29.78		
02:00:00 p.m.			02:00:00 p.m.			02:00:00 p.m.	16.2	29.92	02:00:00 p.m.	17.6	29.36		
03:00:00 p.m.			03:00:00 p.m.			03:00:00 p.m.	16.6	29.06	03:00:00 p.m.	18.4	29.16		
04:00:00 p.m.			04:00:00 p.m.			04:00:00 p.m.	18.6	28.86	04:00:00 p.m.	18.2	28.98		
05:00:00 p.m.			05:00:00 p.m.			05:00:00 p.m.	20.6	28.22	05:00:00 p.m.	18.6	28.08		
06:00:00 p.m.			06:00:00 p.m.			06:00:00 p.m.	22.2	27.12	06:00:00 p.m.	28.4	26.36		
07:00:00 p.m.			07:00:00 p.m.			07:00:00 p.m.	26.8	25.38	07:00:00 p.m.	40.6	23.1		
08:00:00 p.m.			08:00:00 p.m.			08:00:00 p.m.	30.4	23.64	08:00:00 p.m.	44.8	21.68		
09:00:00 p.m.			09:00:00 p.m.	30	20.9	09:00:00 p.m.	32.4	22.34	09:00:00 p.m.	50.2	20.32		
10:00:00 p.m.			10:00:00 p.m.	30	20.48	10:00:00 p.m.	33	21.62	10:00:00 p.m.	49	20.52		
11:00:00 p.m.			11:00:00 p.m.	31.4	19.96	11:00:00 p.m.	33.6	21.08	11:00:00 p.m.	52.2	20.48		

26 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	27 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	28 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura	29 de mayo	Humedad Relativa	Temperatura
12:00:00 a.m.	55	19.7	12:00:00 a.m.	56	18.8	12:00:00 a.m.	58	17.6	12:00:00 a.m.	46	16.4
01:00:00 a.m.	57.3	19.4	01:00:00 a.m.	58	18.3	01:00:00 a.m.	57	17.14	01:00:00 a.m.	45.2	15.62
02:00:00 a.m.	60	18.7	02:00:00 a.m.	61	17.4	02:00:00 a.m.	52.6	16.32	02:00:00 a.m.	48.4	14.38
03:00:00 a.m.	62	18.5	03:00:00 a.m.	63	16.9	03:00:00 a.m.	54.4	15.56	03:00:00 a.m.	53.8	13.78
04:00:00 a.m.	64	18.0	04:00:00 a.m.	66.3	16.4	04:00:00 a.m.	57.8	15.1	04:00:00 a.m.	59	13.36
05:00:00 a.m.	64	18	05:00:00 a.m.	68	16.0	05:00:00 a.m.	57.8	14.5	05:00:00 a.m.	62.4	13.04
06:00:00 a.m.	64.6	17.8	06:00:00 a.m.	70	15.6	06:00:00 a.m.	58	14.24	06:00:00 a.m.	62	13.06
07:00:00 a.m.	65.3	18.1	07:00:00 a.m.	71.6	15.7	07:00:00 a.m.	58.6	14.18	07:00:00 a.m.	58.6	13.58
08:00:00 a.m.	60.3	19.3	08:00:00 a.m.	67.6	16.8	08:00:00 a.m.	55.2	15.04	08:00:00 a.m.	56.8	13.98
09:00:00 a.m.	53.6	21.5	09:00:00 a.m.	57	19.3	09:00:00 a.m.	47.4	17.1	09:00:00 a.m.	43.4	16.26
10:00:00 a.m.	41.6	25.8	10:00:00 a.m.	45.6	23.0	10:00:00 a.m.	32.8	21.62	10:00:00 a.m.	25.6	22.9
11:00:00 a.m.	36	27.13	11:00:00 a.m.	37	26.1	11:00:00 a.m.	27.4	23.22	11:00:00 a.m.	23.6	23.18
12:00:00 p.m.	33	27.4	12:00:00 p.m.	33.3	26.3	12:00:00 p.m.	25.2	24.82	12:00:00 p.m.	21.8	23.64
01:00:00 p.m.	30.3	28.8	01:00:00 p.m.	25	27.9	01:00:00 p.m.	24.6	26.22	01:00:00 p.m.	18.6	25.16
02:00:00 p.m.	26.6	28.6	02:00:00 p.m.	22	28.6	02:00:00 p.m.	29.4	26.9	02:00:00 p.m.	15.4	26.3
03:00:00 p.m.	25.3	28.7	03:00:00 p.m.	21	28.1	03:00:00 p.m.	28	26.04	03:00:00 p.m.	14.8	26.16
04:00:00 p.m.	28.6	26.6	04:00:00 p.m.	21.3	27.9	04:00:00 p.m.	28.6	25.24	04:00:00 p.m.	17.8	25.56
05:00:00 p.m.	29.3	26.4	05:00:00 p.m.	32	25.2	05:00:00 p.m.	29.6	24.3	05:00:00 p.m.	21.6	25.42
06:00:00 p.m.	40	24	06:00:00 p.m.	37.3	23.5	06:00:00 p.m.	29.4	23.34	06:00:00 p.m.	26.2	24.26
07:00:00 p.m.	39	23.4	07:00:00 p.m.	49.6	21.3	07:00:00 p.m.	34	21.64	07:00:00 p.m.	31.6	22.6
08:00:00 p.m.	45.6	21.8	08:00:00 p.m.	49.6	20.7	08:00:00 p.m.	43	19.9	08:00:00 p.m.	39.2	20.68
09:00:00 p.m.	48	20.7	09:00:00 p.m.	46.6	20.6	09:00:00 p.m.	46.8	18.88	09:00:00 p.m.	44	19.4
10:00:00 p.m.	49.3	20.2	10:00:00 p.m.	47.3	19.7	10:00:00 p.m.	49.2	17.9	10:00:00 p.m.	47	18.48
11:00:00 p.m.	50.3	19.6	11:00:00 p.m.	50.6	19	11:00:00 p.m.	54	17.1	11:00:00 p.m.	51	17.26

30 de mayo		31 de mayo		1 de junio		2 de junio	
Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura	Humedad Relativa	Temperatura
59	15.2	53	17.4	59	16.3	61	16.9
60.8	15.28	55.8	17.36	61.2	16.02	62.4	16.68
64	14.86	64.2	16.82	66	15.5	63.6	16.28
65.6	14.68	65.6	16.52	70.4	15.32	64.6	16.06
67	14.52	67.4	15.84	73.6	14.88	66.2	15.82
69.2	14.22	70	15.06	75.8	14.36	67.6	15.44
70.4	13.94	71.8	14.66	76.8	14	70.2	14.96
70.2	14.1	73.2	14.34	75.2	14.02	72.2	14.6
66.8	14.92	69.2	15	70.6	14.82	70.2	15.5
57.6	17.6	59.2	17.04	61.8	16.86	63.2	17.04
47.2	21.74	41.2	23.28	41.6	23.1	47.4	21.24
39	24.28	30.6	26.28	33.4	25.74	35	24.36
34	24.5	25.6	26.5	29	26.92	32	24.9
30.4	25.56	21.8	27.32	23.6	28.46	24.2	27.44
28.6	25.64	20	28.16	20.2	29.32	19.6	28.5
27.2	25.6	19.4	28.24	21.6	28.64	19.6	28.46
30.2	24.32	24	27.18	22.2	28.26	20.6	27.86
33.8	23.56	27.2	26.6	25	27.28	23	26.74
35.8	23.34	32.2	25.3	25.4	26.46	25.4	25.54
42	21.9	57.4	20.6	30.6	24.52	29.2	24
44	21.44	71	18.22	38.2	22.26	34	22.22
45	20.78	63.2	18.74	42.4	21	41	20.88
51.8	18.84	56.2	18.92	46.8	19.9	49.2	19.7
53.8	18	59.8	17.78	54	18.26	55	18.78

3 de junio	Humedad Relativa	Temperatura
12:00:00 a.m.	58.2	18
01:00:00 a.m.	58.4	17.6
02:00:00 a.m.	60.2	16.76
03:00:00 a.m.	59.2	16.04
04:00:00 a.m.	59.2	15.22
05:00:00 a.m.	58.8	14.44
06:00:00 a.m.	57.2	14.1
07:00:00 a.m.	58.6	14.18
08:00:00 a.m.	57.6	14.92
09:00:00 a.m.	48	16.92
10:00:00 a.m.	30.4	23.32
11:00:00 a.m.	23.2	26.28
12:00:00 p.m.	23.8	25.58
01:00:00 p.m.	22.8	27.12
02:00:00 p.m.	24.6	27.24
03:00:00 p.m.	31.2	25.96
04:00:00 p.m.	31.8	26.4
05:00:00 p.m.	33.2	25.8
06:00:00 p.m.	49.2	23.58
07:00:00 p.m.	65.6	19.48
08:00:00 p.m.		
09:00:00 p.m.		
10:00:00 p.m.		
11:00:00 p.m.		