

**EVALUACION DE LA CONDICIÓN HÍDRICA DEL LAUREL DE CERA
(*Morella pubescens* H.& B. ex Wilbur)EN LA MICROCUENCA GUACHUCAL,
MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**ANDRÉS MAURICIO MUÑOZ CABRERA
LUIS GUILLERMO MERCHANCANO LERMA
FRANCISCO LIBARDO ZAMUDIO PALACIOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS.
ESPECIALIZACIÓN EN ECOLOGÍA CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL
PASTO – COLOMBIA
2011**

**EVALUACION DE LA CONDICIÓN HÍDRICA DEL LAUREL DE CERA
(*Morella pubescens* H.& B. ex Wilbur)EN LA MICROCUENCA GUACHUCAL,
MUNICIPIO DE PASTO DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**ANDRÉS MAURICIO MUÑOZ CABRERA
LUIS GUILLERMO MERCHANCANO LERMA
FRANCISCO LIBARDO ZAMUDIO PALACIOS**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar
al título de Especialista en Ecología con Énfasis en Gestión Ambiental**

**Presidente de Tesis
Lucio Legarda Burbano. Ingeniero Agrónomo, Magíster Scientiae**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS.
ESPECIALIZACIÓN EN ECOLOGÍA CON ÉNFASIS EN GESTION AMBIENTAL
PASTO – COLOMBIA
2011**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado, son responsabilidad del autor”

Artículo 1 del Acuerdo N° 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pasto, Agosto de 2011

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1. OBJETIVOS | 15 |
| 1.1. OBJETIVO GENERAL | 15 |
| 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 15 |
| 2. MARCO TEORICO | 16 |
| 2.1. GENERALIDADES | 16 |
| 2.2 CONCEPTO DE MICROCUENCA | 16 |
| 2.2.1. El Ciclo hidrológico | 17 |
| 2.2.2. Influencia de la vegetación sobre la precipitación | 18 |
| 2.2.3. Función de la vegetación en el ciclo del agua. | 19 |
| 2.2.4. Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo | 20 |
| 2.3 BALANCE HÍDRICO | 21 |
| 2.3.1. Componentes del balance hídrico y su medición: | 22 |
| 2.4 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL LAUREL DE CERA | 23 |
| 2.4.1 Generalidades | 23 |
| 2.4.2 Nombres del laurel de cera. | 24 |
| 2.4.3 Distribución del laurel | 24 |
| 2.4.4 Clasificación botánica del laurel de cera: | 25 |
| 2.4.5 Usos | 27 |
| 2.4.6 Aspectos morfológicos del laurel | 27 |
| 2.5 EL AGUA EN LA PLANTA. | 29 |
| 2.5.1 Movimiento del agua en la planta | 29 |
| 2.5.2 Movimiento del agua a las raíces | 30 |
| 2.5.3. Ruta del agua a través de los tejidos. | 33 |
| 2.5.4. Transporte del agua a través de la planta | 34 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| 2.5.5. Movimiento del agua en la hoja | 35 |
| 2.6. POTENCIAL HÍDRICO DE UNA PLANTA | 35 |
| 2.6.1. Componentes del potencial hídrico | 36 |
| 2.7 CONTENIDO ABSOLUTO DE AGUA | 36 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 38 |
| 3.1 LOCALIZACIÓN | 38 |
| 3.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA | 39 |
| 3.3 DISTRIBUCIÓN ADMINISTRATIVA | 41 |
| 3.4 ÁREA EXPERIMENTAL | 42 |
| 3.5 VARIABLES CLIMÁTICAS | 43 |
| 3.5.1 Precipitación efectiva o lluvia aprovechable | 43 |
| 3.6 DETERMINACION POTENCIAL HIDRICO FOLIAR | 43 |
| 3.6.1 Partes de la cámara de presión utilizada en el ensayo. | 44 |
| 3.7 TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO | 45 |
| 3.7.1. Determinación del potencial hídrico foliar | 45 |
| 3.7.2. Contenido de humedad | 46 |
| 3.7.3 Determinación del balance Hídrico de la Microcuenca Guachucal | 47 |
| 3.7.4 Análisis estadístico. | 49 |
| 3.7.5 Socialización ambiental. | 50 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 51 |
| 4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMATICA DE LA MICROCUENCA GUACHUCAL. | 51 |
| 4.1.1 Precipitación. | 51 |
| 4.1.2 Precipitación efectiva. | 52 |
| 4.1.3 Temperatura. | 53 |
| 4.1.4 Humedad relativa. | 54 |
| 4.1.5 Brillo solar. | 54 |
| 4.2 RESULTADOS POTENCIAL HÍDRICO | 55 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| 4.2.1 Potencial hídrico en hojas de laurel (h) tomado in situ a 10 m de distancia de la fuente hidrica | 56 |
| 4.2.2 Potencial hídrico en hojas de laurel (h) tomado in situ a 15 m de distancia de la fuente hidrica | 58 |
| 4.2.3 Potencial hídrico en hojas de laurel (h) tomado in situ a 20 m de distancia de la fuente hidrica | 59 |
| 4.3 VALORES DE CONTENIDO ABSOLUTO DE AGUA (CAA) | 62 |
| 4.3.1 Contenido Absoluto de agua (CAA) tomado en situ en hojas de laurel de cera entre mayo-octubre de 2005 a 10 m de la fuente hídrica | 62 |
| 4.3.2 Contenido Absoluto de agua (CAA) tomado en situ en hojas de laurel de cera entre mayo-octubre de 2005 a 15 m de la fuente hídrica | 63 |
| 4.3.3 Contenido Absoluto de agua (CAA) tomado en situ en hojas de laurel de cera entre mayo-octubre de 2005 a 20 m de la fuente hídrica | 64 |
| 4.4 BALANCE HÍDRICO CLIMÁTICO PARA LA MICROCUENCA GUACHUCAL CON LA ESPECIE LAUREL DE CERA | 68 |
| 4.5 SOCIALIZACIÓN AMBIENTAL | 69 |
| CONCLUSIONES | 71 |
| RECOMENDACIONES | 73 |
| BIBLIOGRAFÍA | 74 |
| ANEXOS | 77 |

LISTA DE CUADROS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Cuadro 1. Potencial Hidrico de la hoja de laurel de cera a lo largo del dia en árboles ubicados a una distancia de 10 m del cauce de la Microcuenca | 56 |
| Cuadro 2. Potencial Hidrico de la hoja de laurel de cera a lo largo del dia en árboles ubicados a una distancia de 15 m del cauce de la Microcuenca | 58 |
| Cuadro 3. Potencial Hidrico de la hoja de laurel de cera a lo largo del dia en arboles ubicados a una distancia de 20 m del cauce de la Microcuenca | 60 |
| Cuadro 4. Curso diario del contenido Absoluto de agua distante a 10m de la microcuenca | 63 |
| Cuadro 5. Curso diario del contenido Absoluto de agua distante a 15m de la microcuenca | 64 |
| Cuadro 6. Curso diario del contenido Absoluto de agua distante a 20m de la microcuenca | 65 |

LISTA DE FOTOGRAFIAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Foto 1. Panorámica parte baja de la microcuenca Guachucal | 38 |
| Foto 2. Lavado de ropas por habitantes de la zona de influencia de la microcuenca Guachucal | 39 |
| Foto 3. Aspecto Geomorfológico de la microcuenca Guachucal | 40 |
| Foto 4. Panorámica de los barrios La Minga y Chambú ubicados a la izquierda y derecha de la microcuenca Guachucal | 41 |
| Foto 5. Cámara de presión con sus correspondientes componentes | 44 |
| Foto 6. Balanza electrónica para determinar el contenido relativo de agua en el laboratorio | 47 |
| Foto 7. Perfil de suelo para determinación de propiedades físicas | 49 |
| Foto 8. Grupo de habitantes de los barrios la Minga-Chambú | 50 |

LISTA DE GRÁFICAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Grafica 1. Ciclo hidrológico del agua | 18 |
| Grafica 2. Ruta de entrada de agua a las raices | 31 |
| Grafica 3. Esquema osmometro en la raiz. | 32 |
| Gráfica 4. Absorción de agua en la planta . | 33 |
| Grafica 5. Distribución de transectos en el campo. | 42 |
| Gráfica 6. Variabilidad precipitación total anual estación Botana. | 51 |
| Gráfica 7. Variación de la precipitación efectiva en la microcuenca Guachucal, para el año 2005 | 52 |
| Gráfico 8. Valores de temperaturas promedio mensuales de la estación metereologica Botana. | 53 |
| Gráfico 9. Valores humedad relativa promedio mensual, estación Botana | 54 |
| Gráfica 10. Valores promedios brillo solar mensual estación Botana | 55 |
| Grafica 11. Potencial hidrico de la hoja de laurel a lo largo del día en arboles ubicados a una distancia de 10 m del cauce de microcuenca | 57 |
| Grafica 12. Potencial hidrico de la hoja de laurel a lo largo del día en arboles ubicados a una distancia de 15 m del cauce de microcuenca | 59 |
| Grafica 13. Potencial hidrico de la hoja de laurel a lo largo del día en arboles ubicados a una distancia de 20 m del cauce de microcuenca | 61 |
| Gráfica 14. Comparación entre el potencial hidrico de la (h) y el contenido absoluto de agua (CAA) a 10 m de la fuente 666 | |
| Gráfica 15. Comparación entre el potencial hidrico de la (h) y el contenido absoluto de agua (CAA) a 15 m de la fuente | 66 |
| Gráfica 16. Comparación entre el potencial hidrico de la (h) y el contenido absoluto de agua (CAA) a 20 m de la fuente | 66 |
| Grafica 17. Balance hidrico climático microcuenca Guachucal | 68 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo A. Precipitación total mensual, Estación Botana. Año 2005. | 78 |
| Anexo B. Precipitación efectiva, en la microcuenca Guachucal para el año 2005 | 78 |
| Anexo C. Temperaturas promedio mensuales, Estación Botana, año 2005. | 78 |
| Anexo D. Humedad relativa promedio mensual, Estación Botana. | 78 |
| Anexo E. Brillo solar, Estación Botana | 78 |
| Anexo F. Balance hídrico climático promedio (P=75%) para el Laurel de Cera | 79 |
| Anexo G. Precipitación 75% probabilidad (mm) para un tiempo de retorno de 22 años | 80 |
| Anexo H. Valores totales mensuales de evaporación (mm) para 22 años | 81 |

RESUMEN

El Presente trabajo se realizó durante los meses de mayo-octubre de 2005 en la parte baja de la microcuenca Guchucal, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, donde se evaluó el potencial hídrico de las hojas (ψ) in situ de la especie forestal Laurel de Cera *Morella pubescens*, obteniendo un valor de -0.30 megapascuales (Mpa) considerado como alto en muestras a 10 metros de distancia de la fuente hídrica.

Para obtener el potencial hídrico se utilizó la llamada “cámara de presión de nitrógeno” en parcelas establecidas previamente a 10,15 y 20 metros de distancia de la fuente hídrica, en plantaciones de seis meses de edad.

El contenido absoluto de agua (CAA) fue el más alto en las muestras más cercanas a la fuente hídrica con un 68,38% siendo directamente proporcional al potencial hídrico medido.

El balance hídrico climático obtenido para esta especie es de 474,6 mm, para el periodo de un año, con un uso consuntivo mensual de 39.55 mm.

El almacenamiento de agua únicamente se presentó en el mes de abril cuando existen periodos de alta precipitación.

Esta investigación preliminar, permitirá inferir sobre la retención de agua o regulación hídrica de la especie Laurel de Cera en el área donde se estableció los transectos experimentales y por ende sobre los caudales de la microcuenca Guachucal. Aunque los datos presentados en este documento no permiten concluir con precisión cuánta agua retiene esta especie nativa; sin embargo reportan el comportamiento hídrico en un estado fenológico del árbol.

Este estudio piloto se complementó, con la socialización ambiental a los habitantes de la microcuenca Guachucal en su parte baja, se concientizó a la población sobre la importancia ecológica de esta especie y su prioridad en la recuperación de remanentes hídricos.

Palabras claves: Laurel de cera, taludes, orillas de los ríos, nacimientos de quebradas, protección de cuencas hidrográficas, regulación hídrica.

ABSTRACT

This work was carried out during the months of may-october 2005 at the low part of the Guachucal microbasin, Pasto, Municipality, Nariño Department where it was evaluated the hydric potential, in situ, of the leaves of the wild wax *Morella pubescens* species presenting a Mpa – 0.30 considered height in signs to 10 meters of distance from the hydric source.

In order to obtain the hydric absolute it was used so called nitrogen pressure camera on the established parcels previously at 10, 15, 20 meters of distance from the source at plantations of six months old plants.

Similary, it was determined the relative water content (R W C) by percentage, the mean value was 68.38% of the nearest samples to the hydric source being directly proporcional to the hydric measured potential

Concerning to the climatic hydric balance, deported for this species it is needed 474.6 mm for a year with a montly consumptive use of 39.55 mm.

The storage was present during the rainy period in april. where loud periods of height precipitation exist.

This first study may permit to conclude on hydric detention or regulation of the wax *Morrella pubescens* species on the environment and on the experimental transects flow of the Guachucal microbasin. Nevertheless the presented data in this study they didn't permit to conclude with accuaracy the quantity of water the wild plant holds nevertheless there are reports on the phonologic state of the tree.

This study was complement with the sociabilization of the study to the people living at the low part on the Guachucal microbasin. The ecological importance population was concerned the same was made concerning to recoverability of the hydric remanents.

Mean Word: wax bay, slopes, sides of the rivers, Births of narrow passes, Protections of hydrographic basins, hydric regulation.

INTRODUCCIÓN

El laurel de cera (*Morella pubescens* H & B. ex Willbur), es una especie forestal que crece de manera natural en potreros, taludes, orillas de los ríos, nacimientos de quebradas, entre otros lugares. La importancia ecológica radica en que es una especie óptima para la protección de cuencas hidrográficas y la conservación de suelos, ya que sus raíces aportan nitrógeno, elemento esencial para el crecimiento normal de las plantas y la regulación de los ecosistemas

El laurel de cera es una alternativa de producción, de la cual no se tienen reportes de potencial hídrico, ni estudios sobre sus relaciones, siendo una especie que puede beneficiar a la comunidad, al ambiente en la regulación de cuencas hidrográficas y por lo tanto estimular la plantación de dicho árbol como productor – protector.

En consideración a la escasa información que existe, se implementó la presente investigación con el fin de determinar el potencial hídrico del laurel de cera. Para lo cual se hizo la siembra de un lote experimental en la cuenca Guachucal, municipio de pasto, la metodología empleada consistió en el establecimiento de tres transectos, cada uno con 200 árboles, sembrados en sistema tresbolillo, realizando muestreos a 10, 15 y 20 metros de distancia del curso de agua de la quebrada Guachucal.

Para determinar el parámetro de potencial hídrico se utilizó la Cámara de Presión Scholander modelo PMS 1000. Determinando que los valores altos de potencial hídrico, se dan a 10 metros de la fuente de agua.

Mateucci y Colma¹ indican que el estudio de los recursos naturales o de la vegetación en una determinada área toma relevancia si se parte en que ésta, es la resultante de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto de las especies que cohabitan en un espacio continuo.

La vegetación juega un papel importante en el balance hídrico, refleja el estado del suelo, disponibilidad de agua y de nutrientes, sirve de refugio para la fauna, de barrera protectora en los cauces de los ríos, evita la erosión, del mismo modo permite observar los diferentes procesos antrópicos en la zona

¹ MATTEUCCI, SILVIA y COLMA, AIDA. Metodología para el estudio de la vegetación. OEA. Monografía Científica, N° 23 Washington. 1982.

“Por otra parte, esta especie tiene una importancia industrial por la producción de cera, fabricación de panela, velas y jabones; además, se emplea de forma medicinal en los departamentos de Nariño y Putumayo”²

El presente estudio, determina información básica en base a potencial hídrico, que sirve para acercarnos a las relaciones hídricas de esta especie forestal con la microcuenca que pueda ser utilizada en el manejo de otras cuencas hidrográficas.

² MUÑOZ, J., et al. Análisis de la producción de Laurel de cera (*Myrica pubescens* Humb. & Bonplat, ex Willd) y de la comercialización de la cera en algunos municipios del Departamento de Nariño, Colombia, 1993. p.15.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la condición hídrica del laurel de cera en la Microcuenca Guachucal, Municipio de Pasto en una revegetalización establecida.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar en campo el potencial hídrico de la especie laurel de cera en un transecto experimental.
- Establecer el balance hídrico de la Microcuenca Guachucal con la especie laurel de cera (*Morella pubescens*_H & B. ex Willbur).
- Socializar a los habitantes de la Microcuenca Guachucal, parte baja a través de Jornadas Ambientales, sobre la importancia en la preservación de la especie laurel de cera.

2. MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES

El Plan de Investigación, Fomento e Industrialización del Laurel de Cera (PIFIL), liderado por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, ha difundido el manejo, siembra y usos forestales, dándole a esta especie la relevancia que esta representa; dicho plan ha realizado investigaciones que contribuyen a obtener el paquete agronómico del Laurel de Cera para su industrialización”.³

Este arbusto es adecuado para la protección y recuperación de terrenos erosionados, ya que presenta un sistema radicular fasciculado, capaz de amarrar taludes y fijar nitrógeno al suelo, pero no se tienen reportes, ni estudios sobre sus relaciones hídricas, se trata entonces de inferir sobre el comportamiento hídrico de esta especie y por ende en la regulación de cuencas hidrográficas, para luego estimular la plantación de dicha especie como productora – protectora.

Se observó cómo sitio potencial de trabajo la microcuenca Guachucal debido a la alta incidencia antrópica y al desequilibrio ecológico que se presenta en el sitio, evidenciado en las altos procesos de deforestación, contaminación por aguas residuales , basuras y escombros; razón por la cual se estableció una plantación forestal donde se efectuó la toma de datos para determinar el potencial hídrico de la especie Laurel de Cera (*Morella pubescens* H & B. ex Willbur.), además de considerar una opción viable de restauración de las condiciones naturales del sitio hacia futuro.

2.2 CONCEPTO DE MICROCUENCA

De conformidad con el artículo 312 del Decreto 2811/74 ⁴ la microcuenca, cuenca u hoya hidrográfica es el área de aguas superficiales y subterráneas que vierte a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Retomando la conceptualización de Mejía ⁵ “es aquel espacio físico – geográfico definido por sistemas topográficos y geológicos que permiten delimitar

³ MUÑOZ, J Y LUNA, C, Op.cit., p.8.

⁴ Código Nacional de los Recursos Naturales. Decreto 2811/74 Art. 312

⁵ MEJIA DIAZ, José. Formulación del plan de ordenamiento y manejo Ambiental de la Microcuenca Guachucal, Municipio de Pasto, Nariño: 2005. p.12.

territorialmente una superficie de drenaje común, en donde interactúan los sistemas físico-biótico y socioeconómico”.

2.2.1 El Ciclo hidrológico.

Burbano y Guapucal, afirman que el ciclo hidrológico “Es el mecanismo dinámico natural que comprende la circulación general del agua en todos sus estados a través de la naturaleza”⁶

Nash et al., citados por los mismos autores, definen al ciclo hidrológico como el proceso integrante de los flujos de agua, energía y algunas sustancias químicas.⁷

“El agua cae sobre la superficie terrestre en forma de precipitación líquida o sólida, parte de aquellas puede evaporarse antes de tocar la superficie terrestre. Aquella fracción que alcanza la vegetación es parcialmente retenida por las hojas y la cobertura foliar de las plantas, de donde nuevamente se origina una evaporación, se escurre, cae al suelo donde puede infiltrarse o percolarse”⁸

García y Chaparro citados por Burbano⁹ mencionan que “aquella fracción que se infiltra puede seguir tres rutas definidas: una parte es absorbida por la zona rodeada de las plantas y llegar a formar parte activa de los tejidos de las mismas o transpirada nuevamente hacia la atmósfera: otra parte puede desplazarse paralelamente a la superficie del terreno como flujo superficial hasta llegar a aflorar en los nacimientos o manantiales, la tercera seguirá infiltrándose hasta llegar a la zona de almacenamiento de aguas subterráneas. El ciclo hidrológico no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren de manera continua”.

En la gráfica 1 se puede apreciar la dinámica del ciclo hidrológico con todos los procesos que en él ocurren.

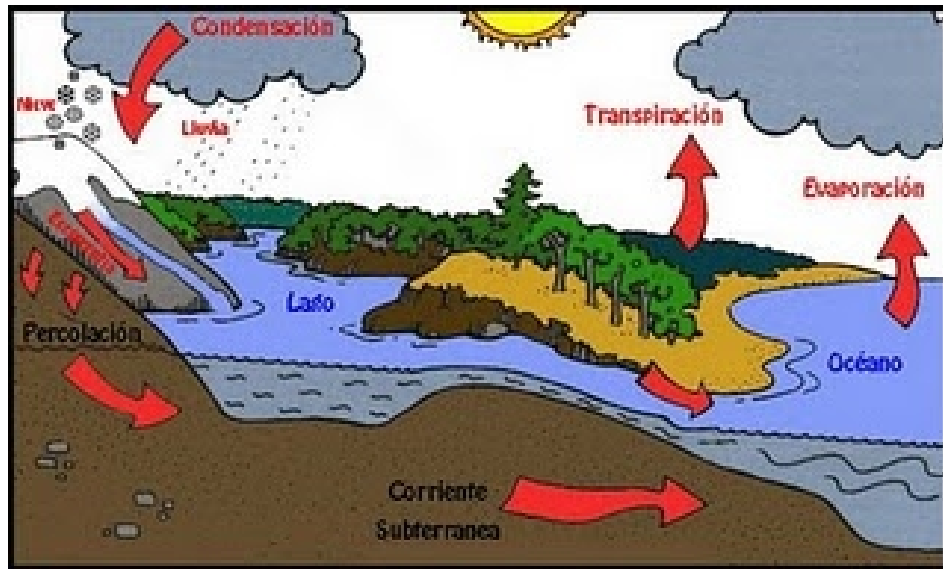
⁶ BURBANO, W Y GUAPUCAL, M. Influencia de la vegetación en la regulación de caudales en las microcuencas del río Bermejil y quebrada el Verde, Cuenca alta del río Bobo, Municipio de Pasto, Tesis Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto, 2001. p. 19.

⁷ Ibid., p.19.

⁸ Ibid., p.19.

⁹ Ibid., p.19.

Grafica 1. Ciclo Hidrológico.



Fuente. <http://didacticaruiiz.blogspot.com/2011>

2.2.2. Influencia de la vegetación sobre la precipitación.

López, citado por Burbano y Guapucal, indican¹¹ que en la influencia de la vegetación hay que considerar tanto el origen de las precipitaciones, la interceptación y las precipitaciones horizontales, los rocíos y escarchas.

En cuanto a su origen, las precipitaciones pueden ser ciclónicas, convectivas y/o orográficas. Las precipitaciones de origen ciclónico y convectivas no tienen influencia apreciable. En cambio las precipitaciones orográficas se ven altamente influenciadas por la vegetación presente en el sitio, ya que acrecientan la altura efectiva y por otro lado está el efecto de fricción lo que causa un movimiento ascensional¹².

La influencia de la vegetación en la interceptación, la precipitaciones atmosféricas, bien sea en forma de lluvia o nieve, al incidir sobre una superficie boscosa, son interceptadas o retenidas por sus hojas y ramas en consecuencia parte del agua no llega al suelo. El agua que llega al suelo es precipitación neta y el volumen que queda en el estrato vegetal, es la interceptación.¹³

¹¹ Ibid., p.109.

¹² Ibid., p.109

¹³ MEJIA DIAZ, J. Op.cit., p.16.

Entre los factores que influyen en el proceso agua-vegetación pueden destacarse: la especie vegetal y su edad, el tipo de bosque y las circunstancias del medio (temperatura ambiental, presión atmosférica, entre otros)¹⁴

Así mismo el rocío y las escarchas influyen como factores frente a la relación vegetación-regulación hídrica al proporcionar corrientes de aire con altas tasas de humedad relativa que alteran los fenómenos de la transpiración.¹⁵

2.2.3 Función de la vegetación en el ciclo del agua.

López citado por Burbano, (2011) anota que: la vegetación juega un papel importante en el balance hídrico, refleja el estado del suelo, disponibilidad de agua y de nutrientes, sirve de refugio para la fauna, de barrera protectora en los cauces de los ríos, evita la erosión, del mismo modo permite observar los diferentes procesos antrópicos en la zona.

Gray y Leiser afirman que: si bien la vegetación se define como la predominancia de formas biológicas tales como árboles, arbustos o hierbas, sin tomar en consideración su posición taxonómica, conduce a distinguir diferentes tipos de vegetación, como bosque, matorral y pradera. Esta cumple un papel muy importante en aspectos como:

- Interceptación: el follaje y los residuos de las plantas absorben la energía de la lluvia y previenen la compactación del suelo por el impacto de sus gotas directamente sobre la superficie.
- Retención: físicamente, el sistema de raíces amarra o retiene las partículas del suelo, además, las partes aéreas funcionan como trampas de sedimentos.
- Retardación: sobre la superficie, los residuos incrementan su aspereza, o dicho en otras palabras, aumentan el coeficiente de rugosidad del terreno, disminuyendo así la velocidad de escorrentía.
- Infiltración: las raíces y los residuos de las plantas ayudan a mantener la porosidad y permeabilidad del suelo.¹⁶

¹⁴ HERNANDEZ GIL, R. Distribución de la vegetación en relación al clima. En www.forest.ula.ve/
□ rubenhg. 2001. 2p.

¹⁵ BURBANO, W y GUAPUCAL, M. Op.cit., p.113.

¹⁶ GRAY, Leslie y LEISER, Paul. Regulación hídrica en bosques y su papel en el funcionamiento del ecosistema. McGraw-Hill, España. 1982. 325p.

- Transpiración: el agotamiento de la humedad del suelo por las plantas retrasa la saturación y con ello la aparición de escorrentía superficial; se destaca la importante función que cumple la vegetación en la regulación de humedad del suelo: árboles grandes individuales”¹⁶.

Los bosques son sistemas dinámicos donde la biota conformada por diferentes poblaciones de especies que interaccionan, mantienen el equilibrio pasivo sobre los caudales de las cuencas de forma que se ejerce un control sobre las inundaciones y una disminución de las tasas de sedimentación.

La vegetación cumple un papel vital en el manejo hídrico, a causa de su capacidad de retención de agua durante los períodos secos, sin alterar la calidad de forma que se optimiza neutralizando el escurrimiento superficial promoviendo la circulación de agua a través del suelo, disminuyendo las pérdidas por evaporación al igual que se reduce la cantidad del rendimiento hídrico total, facilitando el reintegro del agua a la atmósfera por medio de la transpiración y gutación.

La velocidad de caída de las gotas de agua en el interior del bosque es menor que fuera de éste debido al papel que desempeña el follaje de este, lo que disminuye los procesos por el contacto directo con el suelo desnudo, de igual manera la capa de hojarasca o mantillo relativamente homogénea que cubre la superficie del bosque sirve también de amortiguador.¹⁷

2.2.4. Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.

Agudelo y Guarnizo afirman que: “la cantidad de agua aprovechable por la plantas que puede almacenar el suelo, las partículas del mismo están rodeadas de poros de diferentes tamaños, donde se deposita el agua y el aire.

Cuando se aplica suficiente agua a un suelo, ya sea por medio natural o artificial, todos los poros se llenan de agua; en ese momento existen en él, diferentes tipos de agua:

- Agua gravitacional o libre
- Agua disponible o capilar
- Agua higroscópica o no disponible¹⁸ ”.

Del suelo, es necesario determinar la densidad aparente, la curva de retención de humedad, la textura promedio, y las profundidades de los perfiles de suelo. Para

¹⁶ AGUDELO, O y GUARNIZO, E. Manejo de Aguas. República de Colombia Gobierno de Japón. INAT, Colombia. p. 82

¹⁷ Ibíd.

¹⁸ LEGARDA, L y PUENTES, Talleres de agroclimatología. UNIGRAF, Pasto, Colombia, 2001. p.134-135.

determinar la capacidad de almacenamiento se utiliza la condición media de la fracción volumétrica de agua aprovechable (f.v.a.a.) y la profundidad promedio del perfil de suelo.

2.3 BALANCE HÍDRICO

Balance hídrico es una representación teórica de los intercambios de agua entre las plantas, el suelo y la atmósfera. Constituye una herramienta importante para analizar y solucionar problemas teóricos y prácticos de producción agrícola. A partir de un estudio del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos hídricos a diferente escala (parcela, finca, cuenca, región), y las modificaciones del mismo por influencia de las técnicas de manejos de la agricultura y de las actividades del hombre.

El balance hídrico permite establecer las ganancias y pérdidas de agua que se registran en un área dada y sus aplicaciones son de enorme trascendencia en áreas de producción agrícola como las siguientes:

- El manejo del riego (dosis y frecuencia).
- El diagnóstico hídrico de un cultivo o sistema de producción Agroforestal.
- El seguimiento hídrico de un cultivo o sistema Agroforestal a través de su ciclo vegetativo.
- Determinación de las fechas de siembra y variedades idóneas para un sitio determinado.
- Comparar la eficiencia por el uso del agua en diferentes combinaciones árbol y un cultivo.
- La planificación y evaluación de los recursos hídricos de una cuenca, una región, una zona bajo riego, etc., así como las modificaciones por influencia de las actividades del hombre.
- Estudios de predicción del rendimiento de los cultivos.
- La elaboración de calendarios agrícolas.
- La elaboración de zonificaciones climáticas y agroclimáticas¹⁹.

¹⁹ JIMÉNEZ., F. Medición de los componentes del balance hídrico en sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica, 2002. p.17.

El balance hídrico resulta así una herramienta fundamental en la ordenación científica de los recursos hídricos, y por lo tanto, para la sostenibilidad productiva y ambiental de la agricultura. “El balance hídrico también se conoce como método bioclimático, permite determinar las necesidades de agua en los cultivos. El balance hídrico es un flujo de entrada de agua en una determinada área, el cual es igual al flujo de salida más el incremento de almacenamiento. El flujo de entrada lo componen el agua aportada por la precipitación, los flujos superficiales y subterráneos; en el flujo de salida influyen varios factores como la evaporación la transpiración, intercepción, flujos superficiales y subterráneos de salida, nivel freático alto, y aportes provenientes de embalses o pozos”.²⁰

2.3.1. Componentes del balance hídrico y su medición

La precipitación es generalmente, la única fuente de humedad que tiene el suelo por eso conviene que su medición sea precisa, de ello depende en gran medida la exactitud de todos los cálculos siguientes del balance hídrico. En los cálculos de balance hídrico se deben considerar todos los datos de lluvias ligeras y llovizna; aunque algunas veces no se consideran por ser muy inferiores, no penetrar en el suelo y no ser utilizadas por la planta.

Los valores de precipitación (P) de una estación pluviométrica o agroclimatológica cercana a la zona de estudio, suministra datos multianuales, mensuales, decadales, diarios y permiten inferir sobre el comportamiento climático de esa zona. La probabilidad asignada a cada valor según el tratamiento de los mismos corresponde al empleo de la fórmula de Kimbal, siendo necesario interpolar linealmente los datos para llegar al valor estimado.

Evapotranspiración potencial: “De una manera general la evaporación (E) de una superficie natural representa la cantidad de agua disipada en la atmósfera a partir de esa superficie mediante el proceso de vaporización. Cuando la superficie natural considerada es la vegetación, se prefiere hablar de Evapotranspiración (ETP), ya que en este caso la cantidad de agua perdida por la superficie es la suma de la evaporación del suelo y de la transpiración de las planta”²¹

La medición de la evapotranspiración real de sistemas heterogéneos y con presencia de árboles como en el caso de sistemas agroforestales, no es simple debido a la dificultad en la instalación y manejo de lisímetros.

El cálculo para la determinación de la evapotranspiración se realiza mediante el método de Penman o el método del tanque clase “ A “, el primero implica utilizar muchas variables como la temperatura, la tensión de vapor, el brillo solar,

²⁰ LEGARDA, L y PUENTES, G. Talleres de Agroclimatología. UNIGRAF, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, 2001. p.216

²¹ JIMÉNEZ. Op.cit., p15.

velocidad del viento, radiación solar, duración del día, radiación terrestre entre otros por lo tanto se requiere de una estación climatológica principal. El segundo método toma valores de evaporación de un tanque clase "A", dichos datos se corrigen por un factor de cuneta o tanque y se obtiene la ETP.

La demanda potencial de agua está representado por la suma de las pérdidas de agua debidas a evaporación directa del suelo y a la transpiración foliar, que corresponde al consumo de agua cuando las plantas están en plena actividad.

Dicha demanda se estima mediante el coeficiente de evapotranspiración potencial, el cual se puede calcular empleando la fórmula de Thornthwaite, por ser uno de los métodos que menos requerimientos tiene de variables climáticas, en comparación con otros métodos, como el de Penman que requiere como mínimo los datos climáticos de una estación Tipo A (velocidad del viento, precipitación, temperatura, humedad relativa, radiación solar, insolación, evaporación, etc.), las cuales son muy escasas en el país.

2.4 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL LAUREL DE CERA

2.4.1 Generalidades. El laurel de cera (*Morella pubescens* H & B. ex Willbur), es un arbusto o árbol pequeño, sin embargo, en algunos sitios alcanza alturas hasta de siete metros.

Su origen es holártico, o sea, de la parte norte del continente americano, aunque algunos autores indican que es originario del Mar Negro. Se dice que durante las glaciaciones las semillas de esta especie fueron llevadas hasta Sur América cruzando por el canal de Panamá, formado hace unos cuatro millones de años por supuesto las especies actuales serían descendientes con modificaciones de estos posibles "ancestros" que entraron vía dispersión). "Esto concuerda con la información del registro palinológico fósil. Sin embargo las especies norteamericanas difieren bastante a *M. pubescens*."²²

Su rango de adaptación está entre los 1.600 y 3.200 metros sobre el nivel del mar, su sistema radicular es extenso (presenta nódulos que fijan nitrógeno) que lo hace recomendable para la recuperación de terrenos erosionados. Es una especie de importancia para la protección de cuencas, además de sus frutos se obtiene la cera que es empleada en procesos industriales según lo descrito por Muñoz y Luna (1999).

Al laurel de cera se le observa en los potreros, taludes de carretera y es capaz de oxigenar nuevas plantas, a partir de sus raíces, lo que le permite extenderse

²² PARRA, CARLOS. Revisión taxonómica de la familia Myricaceae en Colombia. En *Caldasia* 25(1) 2003. p. 23-24

fácilmente por el suelo y en los primeros años de vida formar varias ramas. Muñoz et al (1993)

Los árboles de laurel de cera existentes no han sido cultivados por los agricultores sino que han crecido espontáneamente por dispersión de la semilla a través de aves, como la torcaza que se alimenta de éstas depositándolas en el suelo junto con las excretas, donde germinan, dando lugar a la formación de grupos de árboles de tamaño variable, generalmente pequeños y ralos al interior de los bosques y de mayor altura en sitios descubiertos.

2.4.2 Nombres del laurel de cera. De acuerdo al Plan de Fomento e industrialización del Laurel de Cera, el nombre científico de esta especie es (*Morella pubescens* H.& B. ex Wilbur) aunque posee unos sinónimos que son *Myrica arguta*, *Myrica macrocarpa*, *Myrica Polycarpa*, *Myrica pubescens*.

“En Colombia se conoce con los nombres vulgares de laurel, roble, laurel de cera, olivo de cera y olivón. En Bolivia lo conocen como murkuna, ñijñi, tarara, yapurundi. En Ecuador lo identifican con el nombre de laurel”.²³

2.4.3 Distribución del laurel. Muñoz y Luna (1993), afirman que en Colombia se encuentra distribuido en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Cesar, Chocó, Cundinamarca, Guajira, Huila, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda Santander, Tolima y Valle.

Los anteriores autores, así mismo dicen que en la actualidad en el municipio de San Pablo, Departamento de Nariño, se utiliza la especie laurel de cera en la producción y comercialización de la cera, motivo por el cual los diferentes estudios acerca de esta especie están dirigidos a la tecnificación de dicho proceso.

Esta especie se reporta en la vereda Dolores, bosque de Botana, Municipio de Pasto, a 2600 msnm en el río Chingual, Municipio de Ipiales, lo mismo que en las faldas del Volcán Galeras de 3000 a 3300 msnm, datos descritos por Cuayal y Ramírez, (1993).

“Esta especie se encuentra en el camino al Encano a 2910 msnm; se presenta además en Daza a 2700 msnm, y a 2630 en Tajumbina a 2750 msnm en Plazuelas km 60 Municipio de la Cruz, en el cerro Morasurco a 2900 msnm”.²⁴

El laurel de cera es capaz de oxigenar nuevas plantas a partir de sus raíces, lo que le permite extenderse fácilmente por el suelo y en los primeros años de vida

²³ MUÑOZ, J y LUNA, C. 2.002) Op.cit., p 30

²⁴ SALAZAR, Olga. Ficha Técnica Herbario. Clasificación Taxonómica de Plantas. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales. San Juan de Pasto. 1999.

formar varios ramitos. Si se corta la parte aérea a nivel del suelo sin tocar la raíz a partir de ella regenera perfectamente. En las fases iniciales de desarrollo la raíz es de gran tamaño, pero cuando la planta alcanza una altura superior a los 30 cm se empiezan a desarrollar raíces laterales y superficiales en gran abundancia formando una red alrededor, afirmado por Muñoz y luna (2002).

Los mismos autores afirman que se puede encontrar desde los 1.600 hasta los 3.200 msnm. Sobre una gran diversidad de suelos fértiles o incluso estériles (debido a la capacidad de fijar nitrógeno de los nódulos), tolerando un gran rango de pH.

Así mismo Muñoz (2000) manifiesta que crece perfectamente en áreas disturbadas donde la competencia con otras especies es escasa, no obstante una vez alcanzado cierto desarrollo admite la presencia de especies arbustivas o arbóreas acompañantes como *Cletra fagifolia* (manduro), *Oreopanax discolor* (pumamaque), *Miconia orcheotoma* (amarillo), *Viburnum pichinchense* (pelotillo) y *Hedyosmun translucidum* (salado) en lugares elevados²⁵, *Mimosa* (guarango), *Solanum ovalifolium* (cujaco), *Cinchona pubescens* (cascorillo), *Heleocarpus popayanensis* (ortiquillo), *Myrsine coriacea* (cucharillo o totes), *Buddleja* sp. (Chicharro), *Bacharis trinervia* (chilca rucia) en regiones más bajas a la sombra del laurel prosperan plantas herbáceas: *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), *Hydrocotyle* sp. (Cupana), *Polygonum nepalense* (corazón herido).

Sobre los tallos se asientan varias especies de líquenes y en la porción basal se encuentran algunos musgos, especialmente *Cryphaea patens* y *Macromitrium quatemaliense*.

Las semillas son dispersas por aves que consumen los frutos o caen directamente al suelo donde germinan dando lugar a la formación de grupos de tamaño variable, generalmente pequeños y ralos al interior de los bosques densos y de tamaño variable en sitios descubiertos, los brinzales por lo común se encuentran en un radio no mayor de 12 m. de la planta madre. Esto hace que la especie presente una distribución agregada.

2.4.4 Clasificación botánica del laurel de cera

| | |
|-----------------------|---------------|
| División: | Spermatophita |
| Sub. División: | angiospermae |
| Orden: | Junglandales |
| Familia: | Myricaceae |
| Genero: | Morella |

²⁵ CUAYAL y RAMIREZ. Especies vegetales nativas, aptas para la recuperación de áreas de protección en cuencas altas del municipio de pasto. 1993, p.193.

Especie: *Morella pubescens*
Nombre vulgar: Laurel de cera u olivo de cera.

Según Parra²⁶ el primer tratado taxonómico que hace referencia a especies del género *Myrica* que se encuentran en nuestro país es el de Humboldt & Bonpland 1817, el cual describe con referencia a sitios de nuestra área a especies nuevas tales como *Myrica arguta*, *Myrica polycarpa* y hace referencia a *Myrica pubescens*, ya descrita por Wilbur 1809. Posteriormente, en 1901 aparece la Monographie des Myricacées realizada por Chevalier en donde revisa la taxonomía de la familia para el mundo, e incluye la zona americana en su revisión, reconociendo para nuestro país las especies *Myrica parvifolia* y *Myrica pubescens*. *Morella pubescens* (Humb & Bonpl.ex Willd), Willbur Rhodora (2001), clasifican al género *Myrica* como *Morella*.

La familia Myricaceae pertenece al orden Myricales, y se encuentra dividida en tres géneros y aproximadamente unas 50 especies (Cronquist, 1988). En Colombia, sólo se encuentra el género *Myrica* con unas cuantas especies, tales como *Myrica aerífera*, *M. funckii*, *M. mexicana*, *M. parvifolia*, *M. polycarpa* y *M. pubescens*, de acuerdo con referencia al material del Herbario Nacional Colombiano (COL).citado por Parra (2003).

Parra²⁷ , afirma que *M. pubescens* es la especie más diferente a las demás especies de *Myrica* presentes en Colombia, plantea que nadie ha realizado un análisis sobre la genealogía estricta de este tipo en el mundo y que por ello se desconocen actualmente las relaciones filogenéticas entre las especies del género

Este autor plantea como hipótesis que una especie “similar” a *M. cerífera* (especie distribuida en las Antillas, zonas del sur de Norteamérica y Centroamérica) haya sido el posible “ancestro” de las especies que actualmente se encuentran en Sudamérica. Lo anterior se establece teniendo en cuenta la distribución geográfica. Pero será muy difícil (y quizás imposible) decir que una especie actual “x” dio origen a *M. pubescens*. Parra afirma que “la nueva clasificación del género *Myrica* es *Morella*, perteneciente a la familia Myricaceae. Haciendo alusión a la pubescencia que se desarrolla en sus ramitas jóvenes, hojas (más conspicua en el envés) y frutos. En el municipio de Caldas Departamento de Antioquia, Albert de Escobar (1989) registró a *Morella pubescens* como especie de zonas abiertas y perturbadas, donde se encuentra ocupando la franja del bosque muy húmedo montano bajo. En cambio en el municipio de Duitama, *Myrica pubescens* se encuentra en asocio con otras especies *Quercus sp* y *Cecropia sp*.”²⁸

²⁶ PARRA, C. Op. cit p.24.

²⁷ PARRA, C. Op. Cit p.24.

²⁸ Ibid., p.33.

Finalmente Parra (2003), dice que *Morella pubescens* se comporta como una especie pionera modificando el terreno, contribuyendo al inicio de la sucesión vegetal y permitiendo el establecimiento de otras especies que conforman el eslabón más adentro del proceso sucesional. *M. pubescens* es un importante recurso alimenticio para varias aves y fructifica a lo largo de todo el año.

2.4.5 Usos.

“Tradicionalmente la cera obtenida de los frutos de *Morella* es un recurso importante para la elaboración de velas; en la actualidad el uso más importante que se da a la cera extraída de esta especie forma parte de la fabricación de la panela”.²⁹

De acuerdo a Muñoz y Luna (2002) el laurel tiene un enorme potencial para ser utilizada en la recuperación de suelo y control de erosión debido a su sistema radicular extenso. La densidad de la copa y la resistencia de las ramas a fuertes vientos son características morfológicas de éxito en el control de la erosión.

Así mismo los anteriores autores, dicen que *Morella pubescens* tolera amplios márgenes de pH, fija nitrógeno al estar asociada con microorganismos como *Frankia* sp, produce grandes cantidades de hojarasca incrementando la materia orgánica, lo que hace pensar que esta especie puede ser utilizada en la formación de cercas y barreras vivas, en cortinas naturales rompevientos y protección de caminos, adicionalmente a ello puede ser utilizada como especie ornamental en ciudades y áreas urbanas.

La madera del laurel de cera se utiliza principalmente para construir postes y algunas veces como leña. Ciertas comunidades indígenas del Putumayo utilizan sus hojas y ramas en conjunto con otras plantas en la elaboración de conjuros saneables. Muñoz et al (1993).

2.4.6 Aspectos morfológicos del Laurel:

Muñoz,³⁰ (2000), describe al árbol de laurel de cera como un arbusto, de corteza gris clara u oscura con numerosas lenticelas oscuras, ramas de color marrón oscuro o pardas y sus tallos se ramifican densamente una vez han alcanzado los 50 centímetro de altura.

²⁹ MUÑOZ y LUNA, Op.cit., p.30

³⁰ MUÑOZ, Z, Aída. Determinación de la madurez fisiológica de las semillas del laurel. Tesis Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. 2000, p.30.

Sistema foliar: Sus hojas son coriáceas, simples, alternas y lanceoladas, que miden de 60 a 120 milímetros de largo por 15 a 25 milímetros de ancho, pubescentes por la haz y el envés, bordes con dientes pequeños y las nervaduras son salientes y se bifurcan en el ápice.

Flores: Las flores no se identifican con facilidad, son de color verde con un tamaño aproximadamente de 2 milímetros y se agrupan formando inflorescencias. Las flores masculinas, cuyo número varía de 4 a 7, caen muy rápido después de liberar el polen, y las flores femeninas perduran más tiempo, mientras se desarrollan los ovarios convirtiéndose en frutos.

“En estudios sobre aspectos morfológicos y anatómicos de la flor, fruto y semilla del laurel de cera *Morella pubescens*, desde el momento de la antesis y en las diferentes edades estudiadas, se apreciaron características y estructuras propias de la especie entre las que se destacan forma, tamaño y coloración; aspectos que varían de acuerdo a los cambios físicos y químicos experimentados por la especie desde el momento de la antesis hasta la completa maduración”.³¹

En el momento de la antesis, se observaron las flores unisexuales apétalas, muy pequeñas y dispuestas en amentos axilares sobre las ramas del arbusto. Las flores femeninas se disponen en el ápice del amento, en número variado, carentes de corola y protegidas individualmente por una a tres brácteas, ovario súpero, pubescente, bicarpelar, unilocar, de color verde amarillento³².

Las flores masculinas se disponen en la base del amento en un número inferior a las flores femeninas, con 4 a 9 estambres en un mismo verticilo, y protegidos individualmente por 1 bráctea triangular, las anteras presenta una coloración amarilla.

Frutos, dispuestos en racimos pequeños, escamosos y duros. Los frutos son pequeños, esféricos y drupáceos de 4 a 5 milímetros de diámetro, en un número de 5 a 15 por amento, recubierto por una capa de cera blanca atravesada por pelos, más o menos largos.

El número de frutos por kilogramo es de 32.019, de los cuales el 40 por ciento es cera, 23 por ciento impurezas y 37 por ciento semillas³³

³¹ PARRA, Op.cit., p.24.

³² MUÑOZ, Z, Aída. Op. Cit. p.30.

³³ Ibid. p.30.

2.5 EL AGUA EN LA PLANTA.

Menciona Bidwell,³⁴ que de todos los recursos que la planta necesita para su funcionamiento y crecimiento el agua es el más abundante, importante y al mismo tiempo limitante para la productividad agrícola y la productividad natural de los ecosistemas.

El agua es el principal constituyente de las células, los tejidos y los órganos y varía su proporción según la función de estos. El estado de desarrollo y las condiciones del medio, forma aproximadamente el 80 – 95% de la masa de los tejidos en crecimiento.

Las células de las plantas se encuentran normalmente turgentes. Esta turgencia garantiza un medio acuoso ideal para la realización de la actividad hidrolítica de acuerdo con la especie. El agua transporta las sales minerales, los gases y en general todos los productos del metabolismo además de las materias primas necesarias Bidwell, (1991).

2.5.1 Movimiento del agua en la planta.

Para Parsons, citado por Bidwell (1991), la mayoría de las plantas terrestres necesitan sistemas eficientes para absorber y movilizar el agua. Ello se debe a que su nutrición fundamental es gaseosa y poseen un sistema de intercambio gaseoso muy eficaz.

“La consecuencia del proceso anterior es la pérdida irrecuperable del agua transpirada a través de las hojas”.³⁵

El movimiento del agua desde el suelo al aire, se puede explicar sobre la base de la existencia de gradientes de potencial hídricos a lo largo de ese recorrido. Azcon-Bieto y M Talón (1990).

Bidwell, (1991), afirma que el agua se mueve por la planta, penetrando principalmente vía raíces y saliendo vía hojas, en respuesta a un gradiente de potencial el cual entonces debe disminuir continuamente desde el suelo hacia la atmósfera. Luego el agua se transporta a través de los diferentes tejidos donde se producen fenómenos o procesos con un gasto de energía metabólica que se establece como una respuesta a los cambios de ambiente o cambios fisiológicos de la planta. La vía principal que utiliza la planta para obtener agua es por medio de la raíz.

³⁴ Ibid.

³⁵ BIDWELL, Op.cit., p.296.

Inicialmente el agua penetra a través de las células por el proceso denominado ósmosis es decir movimiento a favor de un gradiente de potencial.

Para Bidwell, (1991), la absorción y la entrada del agua en las células se presentan con base en dos hechos:

- La absorción del agua requiere tejido vivo activo para mantener la organización de la estructura celular y subcelular.
- La energía se necesita para transportar solutos de célula a célula creando gradientes de potencial osmótico que mueven el agua. En consecuencia el movimiento activo del agua se define mejor como el resultado de movimientos de solutos con requerimientos de energía que origina la ósmosis.

“El agua se difunde directamente del suelo hacia el interior del espacio libre de las raíces. El espacio libre se define como la parte de la raíz o de tejido donde la solución del suelo tiene acceso libre y directo. Existe un movimiento de agua a través de la planta inducido principalmente por la transpiración”.³⁶

2.5.2 Movimiento del agua en las raíces. Para poder entender cómo es el recorrido del agua en la raíz, se puede explicar de la siguiente manera: si una planta se corta, el agua puede exudar del tallo seccionado. Si se inserta un manómetro al tallo seccionado, puede demostrarse que el agua exuda con una presión medible que ocasionalmente puede alcanzar hasta 2 – 3 bars (30 – 40 psi). Este fenómeno se denomina presión radical y se ha estudiado mucho como parte de las fuerzas que movilizan el agua desde las raíces a la porción aérea de la planta.³⁷

“A fin de comprender la presión radical examinaremos la ruta y mecanismos del movimiento del agua hacia el interior y a través de la raíz”.³⁸

El Fisiólogo alemán E. Münch, (1932), desarrolló el concepto de apoplasto y simplasto en las raíces. Expone que el apoplasto consiste de todo el espacio de las raíces (espacio libre) que comprende paredes de células y espacios intercelulares, más el tejido de la estela que da libre acceso al agua, principalmente los vasos del xilema. El apoplasto es discontinuo y está separado en dos regiones, una es la corteza y los tejidos por fuera de la endodermis; la otra

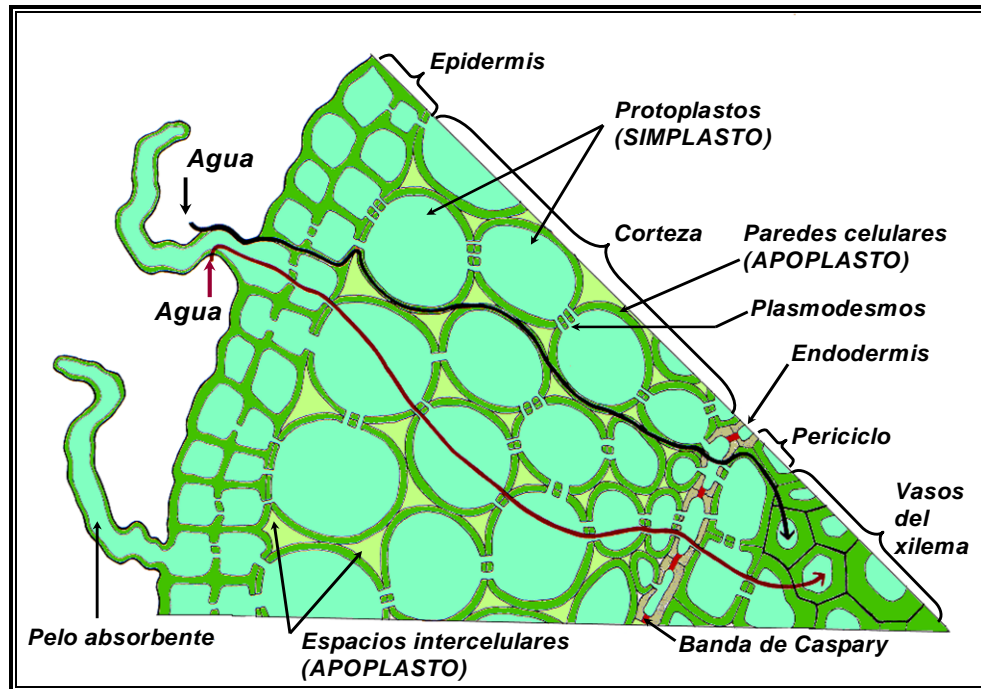
³⁶ Ibid., p 35.

³⁷ CHISTIANSEN, M y LEWIS, C. Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables. Limusa, México, 1987, p.225.

³⁸ BIDWELL, Op.cit., p.297.

es el tejido de estela, incluyendo los contenidos de los vasos conductores, no vivos, localizados por dentro de la endodermis, esta provee la discontinuidad debido a la banda de caspary, un engrosamiento altamente suberizado de las paredes celulares que impide el paso del agua del interior al exterior o viceversa, a menos que atravesase las células, es decir , a través de las membranas celulares y el citoplasma. Bidwell (1991) (ver gráfica 2).

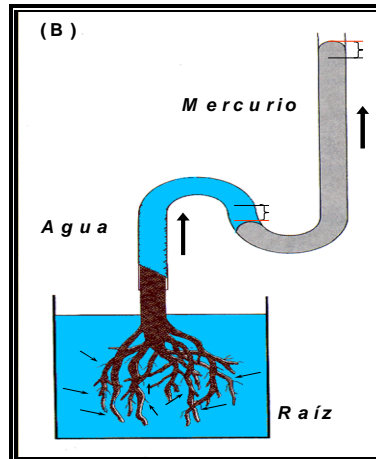
Grafica 2. Ruta de Entrada de Agua a las Raíces



Fuente. www.wikipedia.com, (2011)

La raíz se puede considerar como un osmómetro, en el que la endodermis se considera la membrana osmóticamente activa. Las sustancias disueltas o soluciones pueden difundir o fluir irrestrictamente el apoplasto por la corteza hacia la endodermis, pero para acceder a la estela deben atravesar las membranas diferencialmente permeables de la endodermis.(ver grafica 3)

Grafica 3. Esquema Osmómetro en la raíz



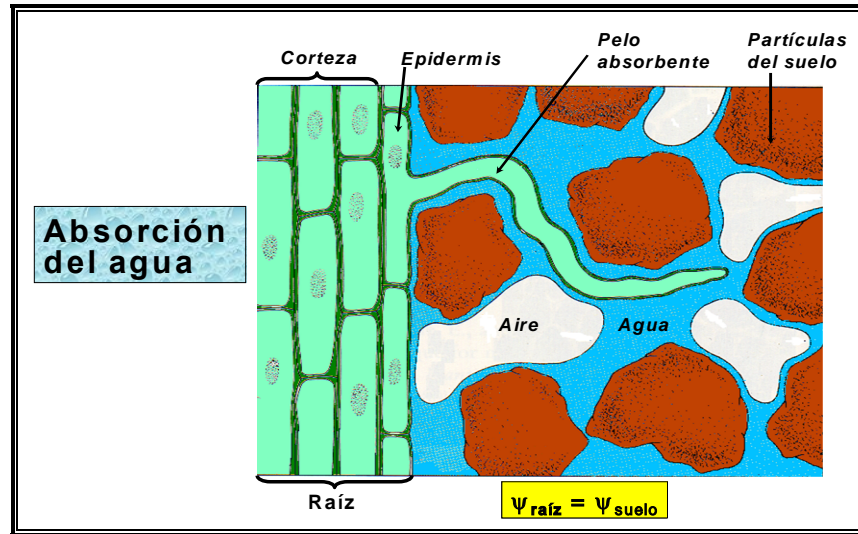
Fuente. www.monografias.com,(2011)

El simplasto consta de todos los protoplastos de las células, es decir la presión de las células en el interior de los límites de la membrana diferencialmente permeable externa de la célula. El simplasto de toda raíz puede considerarse como un solo sistema continuo.

La presión ejercida por la raíz cumple una importante función para que el agua llegue a las partes altas de la planta y debe vencer la retención ejercida por el suelo. Azcon-Bieto y M Talon (1990).

En resumen el agua penetrará en la raíz mientras que el potencial hídrico del suelo sea más positivo que el de la raíz. A medida que se absorbe agua el potencial hídrico del suelo se hace más negativo debido a que disminuye el potencial hídrico. Cuando ambos potenciales hídricos se hacen iguales el agua deja de entrar pasivamente (grafica 4).

Gráfica 4. Absorción de agua en la planta



Fuente. www.monografias.com, (2011)

2.5.3. Ruta del agua a través de los tejidos.

El agua se mueve sólo a través de las regiones del espacio libre de las paredes de las células y espacios intercelulares (el apoplasto) o en otro caso a través del citoplasma.

La fuerza principal de impulso del movimiento de subida del agua, es la evaporación de esta en las superficies foliares. El agua asciende en el tallo, atraída hacia arriba por la tensión que produce su pérdida desde las hojas. La propiedad cohesiva del agua mantiene un equilibrio entre las fuerzas de tensión ascensional y la evaporación.

“A través de los tejidos se movilizan solutos que por difusión llegan a través de canales que presentan barreras físicas o pueden ser arrastrados por el flujo de solvente. Los solutos también pueden atravesar otras membranas por medio de otros procesos. El material puede moverse por la formación de burbujas o vesículas sobre un lado de la membrana que descargan sus contenidos sobre el otro lado, este proceso se denomina pinocitosis y es básicamente la descarga de pequeñas vacuolas a través de una membrana”.³⁹

Las sustancias no cargadas electrolíticamente tienden a difundirse más rápido que las sustancias con carga, esta diferencia radica en que las sustancias con carga deben vencer presiones ejercidas entre los espacios intercelulares, las

³⁹ KRAMER, Paul. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. Harla, 1989, p.174.

paredes celulares parecen ser permeables a la mayoría de los solutos mientras que la permeabilidad de las membranas es mucho menor.

2.5.4. Transporte del agua a través de la planta. “El flujo de material a través de la planta puede ser continuo y discontinuo en tiempo y en espacio. La velocidad de movimiento de las partículas a través de los tejidos y espacios intercelulares depende del tamaño molecular de las mismas; sin embargo existen algunos materiales difíciles de transportar como los radioactivos, si bien se entiende que existe el gasto de una energía grande para transportar los materiales a través de enlaces ATP, es necesario entender el tipo de transporte que la planta utiliza para desplazar las sustancias”.⁴⁰

Azcon-Bieto y M. Talon (1990), afirman que existe un transferencia de iones o moléculas que van en contra de las leyes de difusión y equilibrio electrónico denominado transporte activo que en otros términos se definiría como el movimiento de iones contra un potencial electroquímico, mediante el uso de energía derivada del metabolismo (enlaces ATP).

La energía que la planta utiliza para el proceso puede determinarse de dos clases, cuando dicha energía determina el proceso real del transporte se denomina activa y cuando la energía es inferior el gradiente de potencial a través del cual tiene que circular se denomina pasiva.

J.Levitt, citado por Kramer (1989), establece que el transporte activo se puede caracterizar por cuatro parámetros:

- La tasa de transporte supere la que se prevé para la permeabilidad y el gradiente electroquímico.
- El estado estable final del potencial electroquímico no esté en equilibrio en la región de transporte.
- Existe una relación cuantitativa entre el grado de transporte y el de energía metabólica invertida.
- El mecanismo de transportación dependa de la actividad celular.

“Se determina que el transporte activo es necesario para las células porque algunas sustancias deben concentrarse y otras excluirse”.⁴¹

⁴⁰ AZCON - BIETO, J.M. TALON. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw Hill Interamericana. Editions, Barcelona, 1990, p.65-66.

⁴¹ Ibíd., p.66.

2.5.5. Movimiento del agua en la hoja.

De acuerdo a Azcon-Bieto y M.Talón (1990), en los nudos del tallo se originan ramificaciones del sistema vascular, que pasan a través del pecíolo por el limbo foliar. Dentro del limbo, las ramificaciones son extensas y a menudo se entrelazan terminando como elementos xilemáticos aislados con sus extremos abiertos en tal número que ninguna célula de distancia a más de dos o tres células de distancia de los nervios. Es precisamente a través de esta intrincada y extensa red de elementos xilemáticos como el agua y los nutrientes minerales se mueven en la hoja.

Las paredes celulares están compuestas de celulosa y otras de macromoléculas, las moléculas de agua transpiradas por la hoja, se liberan previamente en la atmósfera foliar, mediante evaporación a través de los espacios micro capilares en el interior de las paredes celulares.

Una diferencia de potenciales permite afirmar el paso de agua desde las estructuras de la raíz hacia la parte aérea de la planta y por ende a las hojas Kramer (1989).

2.6. POTENCIAL HÍDRICO DE LA PLANTA

“La cantidad de agua presente en una planta es una medida útil del estado hídrico de la misma; pero no permite determinar el sentido de los intercambios entre las distintas partes de una planta, ni entre el suelo y la planta. El potencial hídrico es el potencial químico del agua en un sistema o parte de un sistema, expresado en unidades de presión y comparado con el potencial químico del agua pura, a la presión atmosférica y a la misma temperatura y altura, con el potencial químico del agua tomado como referencia e igual a cero”.⁴²

Según J. Coombs et al, (1988), el agua en estado líquido es un fluido, cuyas moléculas se hallan en constante movimiento. La movilidad de estas moléculas dependerá de su energía libre, es decir de la fracción de la energía total que puede transformarse en trabajo. La magnitud más empleada para expresar y medir su estado de energía libre es el potencial hídrico (Ψ). El Ψ se mide en atmósferas, bares, pascales y megapascales, siendo $0,987 \text{ atm} = 1 \text{ bar} = 0,1 \text{ Mpa}$. A una masa de agua pura, libre, sin interacciones con otros cuerpos, y a presión normal, le corresponde un Ψ igual a 0.

“Dentro de los principales factores que determinan el Ψ , es decir el potencial hídrico de la hoja están: la tasa transpiratoria, la resistencia hidráulica entre el suelo y la planta y el contenido de humedad del suelo; sin embargo, las diferencias

⁴² Disponible en Internet. www.forest.ula.ve/-rubenhg.

diarias en el ψ responden a aumentos o disminuciones en la tasa transpiratoria, lo que fue encontrado en especies arbóreas.”⁴³

Para interpretar los datos del potencial hídrico medidos en Mpa se estima que valores cercanos a 0 presentan mayor valor de ψ , es decir, la planta presenta un mayor estado de turgencia y exceso de humedad, caso contrario cuando los valores tienden a -1 los tejidos de la planta se encuentran en un estado de secamiento. Contador (1998).

Se entiende que las mediciones de ψ son en unidades negativas debido a la fuerza de gravedad negativa que la planta debe ejercer para conducir el agua y los minerales desde las raíces hasta los tejidos foliares.

2.6.1. Componentes del potencial hídrico. El potencial hídrico de una planta tiene dos componentes principales: el potencial osmótico, que se origina por la presencia de solutos disueltos en la célula y el potencial de turgencia que resulta de presión ejercida sobre las células por sus paredes. Cada uno de ellos se expresa en unidades de presión (Mpa).

Según J. Coombs et al (1988), los dos métodos principales para medir el potencial hídrico son la técnica de la cámara de presión y la hidrometría de termopar. También existen métodos más simples aunque menos precisos como el método de equilibrio de vapor y el método de Shardakov.

Las técnicas de hidrometría con termopar se basan en colocar tejido vegetal (o suelo) en una cámara pequeña y dejar que el potencial hídrico llegue al punto de equilibrio con el aire de la cámara. Luego, la presión del vapor de este aire se mide con psicometría de bulbo mojado o higrometría de punto de rocío.

La cámara de presión es un mecanismo para medir el potencial hídrico que consiste en una instrumento provisto de un recipiente cuya función es ejercer presión a través de un gas tipo nitrógeno a los esquejes u hojas a los cuales se les va a realizar la medición, es simple, barata, resistente e ideal para estudios de campo.

2.7 CONTENIDO ABSOLUTO DE AGUA

El contenido absoluto de agua (CAA) ha sido considerado recientemente por varios investigadores, como un indicador de la tolerancia a la desecación en

⁴³ CONTADOR, Guillermo. Caracterización del status hídrico del palto (*Persea americana*), en función de la humedad disponible en el suelo, en dos tipos de suelo y dos sistemas de riego. Quillota.Chile: 1998, p.7.

algunos cultivos como soya y trigo. “Se considera que este parámetro es una integración de los componentes aéreos y subterráneos que le confieren a la planta la capacidad de tolerar el déficit hídrico”.⁴⁴

⁴⁴ STERLING, F. Determinación del contenido relativo de agua en progenies de palma aceitera (*Elaeis guineensis*), durante la época seca en QUEPOS, Costa Rica. En: *agronomía costarricense* 14 (1):. 1990, p.74.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se desarrolló en la Microcuenca Guachucal, municipio de Pasto, ubicada al sur oriente de la cabecera municipal; distante 3 kilómetros de la ciudad de Pasto, se encuentra a una altura de 2.600 msnm. y presenta una temperatura que oscila entre los 12 y 14 °C, con un régimen de lluvias bimodal.

Foto 1. Panorámica parte baja de la Microcuenca Guachucal



Fuente. Esta Investigación

“La microcuenca Guachucal presenta suelos de textura franco-arcillosa, de pendientes moderadas, semionduladas; en su mayoría ocupados por:

Vegetación gramínea de pasto Kikuyo (*Penisetum clandestinum*).”⁴⁵ *Acacia melanoxylon*, *Eucaliptus globulus*, Guarango, *Tagetes andicola*, flor de mayo *Tibouchina sp.*

⁴⁵ MEJIA DIAZ, J. Op.cit., p.3.

Foto 2. Lavado de Ropas por habitantes de la zona de influencia de la Microcuenca Guachucal



Fuente. Esta investigación.

La anterior fotografía muestra la utilización que del recurso hídrico hace la comunidad adyacente a la Microcuenca.

3.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

“La microcuenca Guachucal se localiza en las coordenadas correspondientes a: 1^o 10' 34" latitud norte y 77^o 15' longitud oeste, ocupando amplios márgenes con divisoria de aguas que hacen posible la diferenciación con las microcuencas vecinas”.⁴⁶

En cuanto a Geomorfología y suelos, para la descripción de los paisajes presentes en la microcuenca Guachucal se han separado las geoformas presentes de acuerdo al modelado del relieve y clima. Para el entendimiento de estos aspectos ambientales se han integrado las condiciones de los paisajes, con su contenido geológico y pedológico; a fin de hacer más integral la descripción de las condiciones agrológicas en la cuenca. CORPONARIÑO 1999.

⁴⁶ Ibíd., p.3.

Foto 3. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO DE LA MICROCUENCA GUACHUCAL



Fuente. Esta investigación

Por estar ubicada en esta zona a una altura que va de desde 2.600 a 3.400 msnm. se la denomina “el balcón de Pasto”, siendo a su vez, uno de los sectores periféricos más alejados de la zona de riesgo volcánico. Limita al norte con la ciudad de Pasto, al sur con la cuchilla del Tábano en las montañas azules, al oriente con las veredas de Mocondino, Pejendino, Dolores y la loma de Peñas Blancas, al occidente con las veredas de Botana, Vellavista y Chávez.

En cuanto a suelos y Geomorfología, la Asociación que se destaca en la parte media de la microcuenca Guachucal pertenece a Pasto 60% - Pejendino 40%

En esta Asociación se presentan suelos superficiales a moderadamente profundos, de texturas medias a moderadamente finas, bien drenados y de reacción ligeramente ácida a casi neutra en profundidad con fertilidad natural baja. Están limitados por capas de óxidos de hierro y magnesio o tobas endurecidas.

En las superficies ligeramente onduladas (pendiente 1 - 3 - 7%), superficies moderadamente inclinadas de pendiente 3 - 7% y superficies onduladas con pendiente 3 - 7 - 12%, en la subclase agrológica III s, el uso mayor de los suelos es en agrosistemas de cultivo tipo papa, maíz, , cereales y hortalizas; sistemas pecuarios con pastos manejados (símbolos PP ab, , PP bc)

En las partes de relieve fuertemente ondulado, pendiente 3 - 12 - 25% la aptitud es para agrosistemas pecuarios con pastos manejados; sistemas de cultivo tipo maíz,

papa, hortalizas y cereales con prácticas de manejo sostenible del suelo (símbolo PP cd subclase agrológica IV s)

En las áreas fuertemente inclinadas (pendiente 12 - 25%) y quebradas a fuertemente quebradas, pendiente 12 - 25 - 50% correspondientes a la subclase agrológica VI s, el uso mayor es para sistemas pecuarios y agrosistemas de papa y cereales con prácticas de manejo sostenible del suelo.

3.3 DISTRIBUCIÓN ADMINISTRATIVA

La microcuenca Guachucal pertenece al corregimiento de la Laguna, municipio de Pasto, departamento de Nariño. En la parte baja de la microcuenca sobre los 2.550 msnm., limita con la ciudad de Pasto, capital del departamento de Nariño, aspecto que determina una relación e influencia directa en la oferta - demanda de recursos naturales del sector rural hacia el urbano y de servicios para el desarrollo social y económico de la parte rural hacia la parte urbana.

Respecto a la zona rural de la microcuenca presenta una superficie de 877.73 ha, y está integrada por 6 veredas: Jamondino, Botana, Chávez, Dolores, Santa Helena, Campanero en la zona rural. En la parte baja de la microcuenca se encuentra la zona urbana, la que está conformada por los barrios: el Rosario, Santa Clara, Chambú y la Minga. (Mejía, 2005).

Foto 4. PANORAMICA DE LOS BARRIOS LA MINGA Y CHAMBÚ UBICADOS A LA IZQUIERDA Y DERECHA DE LA MICROCUENCA GUACHUCAL



Fuente. Esta investigación

3.4 ÁREA EXPERIMENTAL

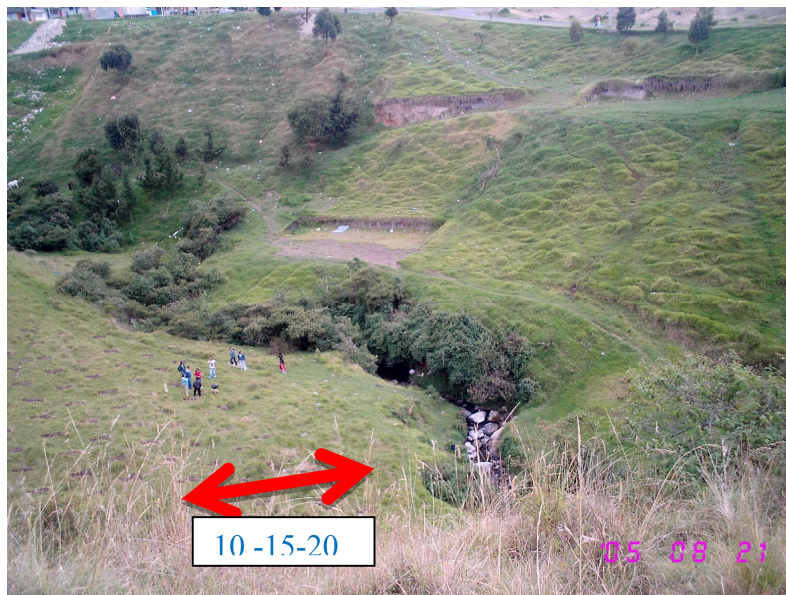
Inicialmente se contaba con una plantación donde se establecieron árboles sembrados en sistema tres bolillo y con distancia de dos metros entre plantas y dos metros entre surcos para un total de 2500 individuos, que multiplicados por un 15% por el sistema de triángulo da un total de 2875 árboles/ha.

Para la evaluación se tuvo en cuenta tres transectos experimentales sobre la plantación establecida previamente, dicha plantación tenía una edad promedio de 6 meses de establecida y una altura entre 40 y 60 cm

Los muestreos para realizar el potencial hídrico se realizaron a 10, 15 y 20 metros de distancia de la microcuenca; criterio experimental válido para este ensayo, que se tuvo en cuenta para establecer la variabilidad de las muestras ubicadas en dicha fuente, con respecto a la incidencia de humedad del cauce o curso y de las condiciones ambientales del sitio. Se tomó un número total de 180 muestras.

En la gráfica N° 5 se aprecia la distribución de las distancias tomadas desde la fuente hasta los arboles muestreados, transectos que quedaban paralelos al borde del cauce.

Grafico 5. DISTRIBUCIÓN DE TRANSECTOS EN EL CAMPO.



Fuente. Esta investigación

3.5 VARIABLES CLIMÁTICAS

Para analizar las variables climáticas del ensayo, se estudió con los datos reportados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM del año 2005), de precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar, tomados de la estación climatológica de Botana, ubicada a 7 km del sitio de ensayo y a 2820 msnm, representativo para esta investigación.

3.5.1 Precipitación efectiva o lluvia aprovechable.

Es aquella parte de las lluvias que se introduce en la capa del suelo ocupada por el sistema radicular de las plantas. Es importante porque forma parte integral de la ecuación del balance hídrico, que aporta la mayor parte de los ingresos de agua de fuentes naturales.

Entre los factores que afectan la precipitación efectiva se encuentran: la intensidad de la precipitación, la velocidad de infiltración en el suelo, propiedades físicas del suelo, profundidad del sistema radicular, entre otros. Legarda y García (2002).

De la precipitación total se determinó la precipitación efectiva mediante el método de Blaney-Criddle. Citado por Legarda y Puentes, 2001. donde a cada dato de precipitación total reportado se le aplica un coeficiente y en el caso de un dato no preciso se interpola la información para obtener la precipitación efectiva.

Este método aplica coeficientes decrecientes por cada 25 mm de incremento del total de la lluvia mensual.

A medida que la lluvia va aumentando, el coeficiente de aprovechamiento disminuye hasta llegar solo a un 5%.

3.6 DETERMINACION DE POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR.

Se realizó a través de una cámara de presión o cámara de Scholander. Es un instrumento que se utiliza para determinar el potencial hídrico (ψ) de una especie agrícola o forestal in situ; y consiste en someter a una presión determinada de un gas tipo nitrógeno especializado, una hoja de una planta, indicado en bares o libras por pulgada cuadrada, la presión ejercida dentro de la cámara, que posteriormente se traduce en megapascales (Mpa), que indica de manera directa el potencial hídrico de una especie. "La mayoría de bombas de presión están calibradas en bares, lo que significa que se debe dividir entre 10 para convertir

esta unidad en Mpa. Así mismo un bar es igual a 0.978 atms y 1.033 cm de columna de agua”.⁴⁷

Los valores de potencial muestran la reacción de la planta a exceso o deficiencia de la misma; por lo que es necesario tener medidas precisas en el desarrollo de la planta.

Las variaciones en el potencial del agua implican cambios en el crecimiento, las proteínas y la fotosíntesis. Se puede establecer una correlación significativa ψ_w y la productividad.

Con la determinación del potencial hídrico se puede establecer la programación de riego para los cultivos. Nos indica la situación de la planta in situ.⁴⁸

3.6.1 Partes de la cámara de presión utilizada en el ensayo. Para la determinación del ψ_w en hojas de laurel de cera se utilizó la cámara de presión tipo Scholander modelo pms 1000 provista de un tanque auxiliar de nitrógeno especializado. Según PMS instruments (2011), esta consta de las siguientes partes:

Foto 5. CÁMARA DE PRESIÓN CON SUS CORRESPONDIENTES PARTES



Fuente. Esta investigación

⁴⁷ J. COOMBS, *et – al.* Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. UNEP, Chapingo, México, 1988. 258 p.

⁴⁸ MODELOS DE CÁMARAS DE PRESION PMS. Disponible en Internet. www.solfranc.com

- a. Llave de paso para recarga de gas: permite la entrada de gas nitrógeno (N_2), recargado de una pipeta o cilindro auxiliar que se acopla a través de una manguera con un racor de acoplamiento.
- b. Válvula del tanque de la cámara: accesorio que permite la reserva de gas en el tanque de la cámara.
- c. Manómetro que indica de presión en PSI: mide la cantidad de gas que se encuentra dentro del tanque de la cámara.
- d. Llave de entrada, salida y eliminación de exceso de nitrógeno: permite graduar la entrada de gas nitrógeno, del tanque hacia la cámara de presión.
- e. Cámara de presión: consiste en un cilindro de aluminio en cuyo interior se alojará la muestra a medir, presenta un espacio vacío en el cual se aloja el nitrógeno utilizado, para posteriormente realizar presión sobre una muestra determinada. Consta de un acoplamiento sellado en forma hermética.
- f. Acoplamiento de sellado hermético: tapa de la cámara donde se realiza el montaje de la muestra, presenta engranajes que se acoplan a la cámara que realizan un sellado hermético al realizar un giro.
- g. Tapa de rosca: complemento de la tapa de la cámara, se utiliza para realizar el montaje de la muestra, dejando libre el peciolo de la hoja hacia la parte externa a través de un orificio, con tapón de caucho el cual somete a la muestra.
- h. Manómetro de medición: Reporta el potencial hídrico en bares de la muestra a determinar.
- i. Válvulas: Elementos externos, que permiten la liberación del exceso de gas, evitando una posible explosión de la cámara de presión.⁴⁹

3.7 TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

3.7.1. Determinación del potencial hídrico. Para realizar las mediciones y determinar el potencial hídrico se tomaron 10 datos de hojas a las que se les midió el potencial hídrico por cada distancia durante seis meses en los tres transectos establecidos a 10, 15 y 20m de distancia de la fuente, cada 15 días desde las 7 a.m. hasta las 5 p.m. Esta frecuencia de cada 15 días se determinó de

⁴⁹ FERREIRA, Roberto. Cámara de presión, instrumento para controlar el riego midiendo el estado hídrico de las plantas. 2002. p.1.

acuerdo con el tiempo disponible para realizar la toma de muestras, generalmente se realizó durante los fines de semana, entre los meses de mayo-octubre de 2005.

El presente estudio contempla la evaluación del potencial hídrico durante cinco meses tiempo durante el cual se realizaron muestreos tanto en épocas secas como en lluviosas ya que el período evaluado desde el mes de mayo así lo demuestra.

La determinación del potencial hídrico se realizó de acuerdo al procedimiento descrito por Solarte,⁵⁰ donde, se tomaron las hojas de la parte superior de planta y se colocaron en una bolsa plástica transparente, evitando la pérdida de agua por transpiración o evaporación.

Se cortó la hoja en la base del pecíolo con una cuchilla perpendicular al eje del pecíolo, para posteriormente colocarla en la cámara de presión.

Se incrementó lentamente la presión en la cámara hasta 0.3 bares/seg, mientras se observaba el corte final del pecíolo a través de una lupa. Este valor indica la frecuencia de presión manual con la cual trabaja la cámara.

Cuando en el corte apareció una gota de líquido proveniente del sistema vascular de la hoja de laurel se suspendió la presión de gas y se midió la lectura en el manómetro y ese dato corresponde al potencial hídrico.

Más adelante estos valores aparecen incluidos en cuadros y graficas de resultados de potencial hídrico.

3.7.2. Contenido de humedad.

Las muestras recolectadas se pesaron en campo con una balanza portátil y luego se llevaron a laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño, donde se realizó el secado de muestras con la ayuda de la estufa para luego determinar el contenido absoluto de humedad. Para ello se pesó las muestras frescas en balanza electrónica y se tomó este resultado. (Foto 6)

⁵⁰ SOLARTE, M. Efectos de estrés hídrico en la fisiología y actividades fotoquímicas de frijol. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México, 1992. p.42.

Foto 6. BALANZA ELECTRONICA PARA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ABSOLUTO DE AGUA EN LABORATORIO.



Fuente. Esta investigación

Posteriormente se sometió las muestras a 105 ° C en estufa, y se pesó nuevamente, obteniendo su peso seco.

Para obtener el contenido relativo de agua (CRA) y el porcentaje de la misma se aplicó la siguiente ecuación descrita por Solarte (1992).

$$\text{CRA} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{Peso turgido} - \text{peso seco}} \times 100$$

3.7.3 Determinación del balance Hídrico en laurel de cera.

Para determinar el balance hídrico se contó con la información de variables tales como la precipitación, la evapotranspiración se calculó por el método de Penman (1948), que en términos teóricos emplea la siguiente fórmula⁵¹ :

$$E = \underline{RN} + \underline{Ea}$$

⁵¹ LEGARDA, L y GARCÍA, R. Manual de Riego Agrícola. Editorial Universitaria, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia, 2002. p.40.

Donde:

E = Evaporación de una superficie libre de agua (mm/día , mm/mes)

= Valor de la pendiente de la curva temperatura-tensión de saturación de vapor en el aire.

= Constante sicrométrica en mm de columna de Hg °C = 0.486

Ea = Evaporación de la atmósfera

RN = balance de calor diario en la superficie, radiación neta, (mm/día)

$$RN = Ra * (1-r) * \left[0.18 + 0.55 \frac{n}{N} \right] - TK4 * (0.56 - 0.92 \frac{ed}{TK4}) * \left[0.10 + 0.90 \frac{n}{N} \right]$$

Donde:

Ra = radiación solar mensual según la altitud y el mes.

r = coeficiente de reflexión de la superficie, o llamado también albedo

n = duración real de la insolación o número real de brillo solar efectivo

N = duración máxima posible de la insolación según la latitud.

= Constante de Stephan-Boltzman = 0.817×10^{-10} cal/cm² min

T = temperatura absoluta en grados Kelvin

K4 = milímetros de agua por día.

Ed = presión de saturación del vapor en el punto de rocío en mm de una columna de Hg

Ea = Evaporación de agua en mm por día

$$Ea = 0,35 (ea - ed) * (b - 0.54v)$$

Ea = presión de saturación de vapor de agua a la temperatura media del aire en mm de columna de Hg.

La anterior formula descrita por Legarda y García (2002), es compleja y por lo tanto para realizar en forma práctica esta aplicación de fórmulas se tiene establecida una hoja electrónica tipo Excel, en donde se reportan los datos y se obtiene la ETP, la que se adjunta en el anexo F.

Para ello se contó con datos promedios de la estación meteorológica de Botana para un periodo de 20 años, como la precipitación, evaporación, humedad relativa, brillo solar y velocidad del viento, suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

Se determinó el balance hídrico para el año durante el cual se realizó el estudio es decir el año 2005, incluyendo los meses de trabajo.

Posteriormente los datos se relacionaron en una hoja electrónica con los cuales se determinó el balance hídrico climático.

Igualmente se realizó un análisis de suelos para determinar las propiedades físicas del mismo; como la densidad aparente, la porosidad, la textura, el contenido de humedad del suelo y la fracción volumétrica de agua aprovechable (f.v.a.a.) la muestra de suelo se realizó mediante la excavación de una calicata de 40 cm de profundidad con la utilización de una pala (foto 7).

Foto 7. PERFIL DE SUELO PARA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS



Fuente. Esta investigación

3.7.4 Análisis estadístico.

”Para la determinación de los datos de potencial hídrico y contenido de humedad se realizó una media aritmética, obteniendo un promedio de estas variables, se realizó prueba de análisis de varianza con coeficiente de variabilidad del 95% de confianza”.⁵²

Se relacionó el potencial hídrico en megapascales (Mpa) con el contenido de humedad de la especie.

⁵² LEGARDA, L, LAGOS, T y VICUÑA, L. Diseños de experimentos agropecuarios. UNIGRAF, Pasto: 2003, p.44.

3.7.5 Socialización ambiental.

Como proceso de complementación del presente estudio se contó con la socialización de la importancia ecológica de la especie laurel de cera, como la protección de los taludes, el aporte de nitrógeno atmosférico a los suelos y la regulación hídrica en microcuencas.

Así mismo se realizó la transferencia de conocimiento sobre el proceso de industrialización de esta especie al servir su cera en la fabricación de jabones, velas y otros derivados.

Los seminarios se realizaron con dos horas de duración, contando con un grupo distinto en cada una de ellas, generalmente las reuniones se realizaron los días sábados en horas de la tarde por solicitud de los habitantes (Foto 8).

Foto 8. GRUPO DE HABITANTES BARRIOS LA MINGA-CHAMBÚ



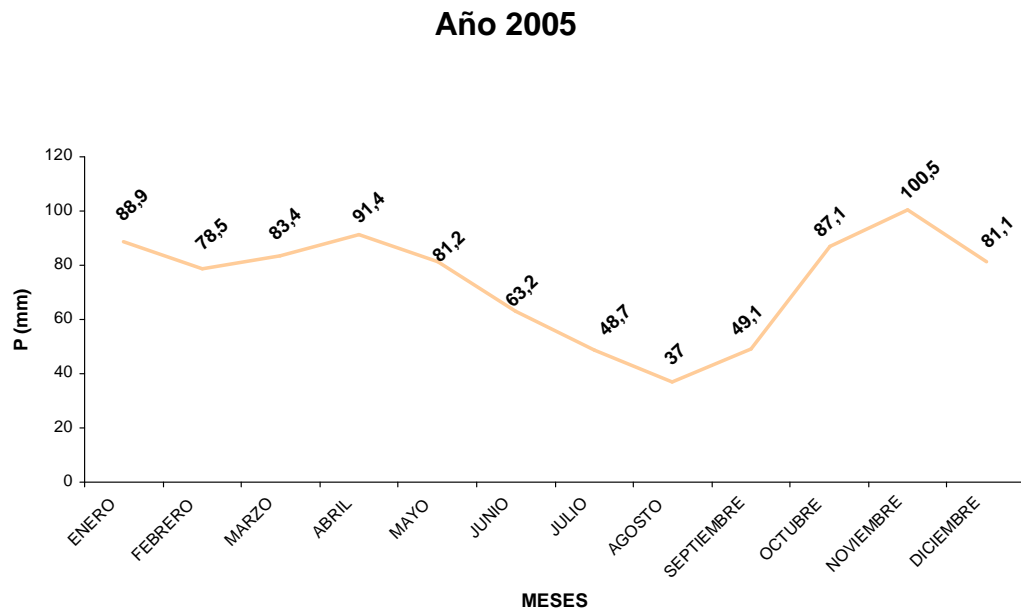
Fuente. Esta investigación

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA MICROCUENCA GUACHUCAL.

4.1.1 Precipitación. Se recopiló información de la estación más cercana y de influencia en la zona destinada al proyecto, la estación climatológica de Botana. Los datos obtenidos corresponden principalmente a precipitaciones medias multianuales. Ver grafica No. 6.

Gráfica 6. Variabilidad Precipitación Total Anual Estación Botana.



Fuente. Esta investigación

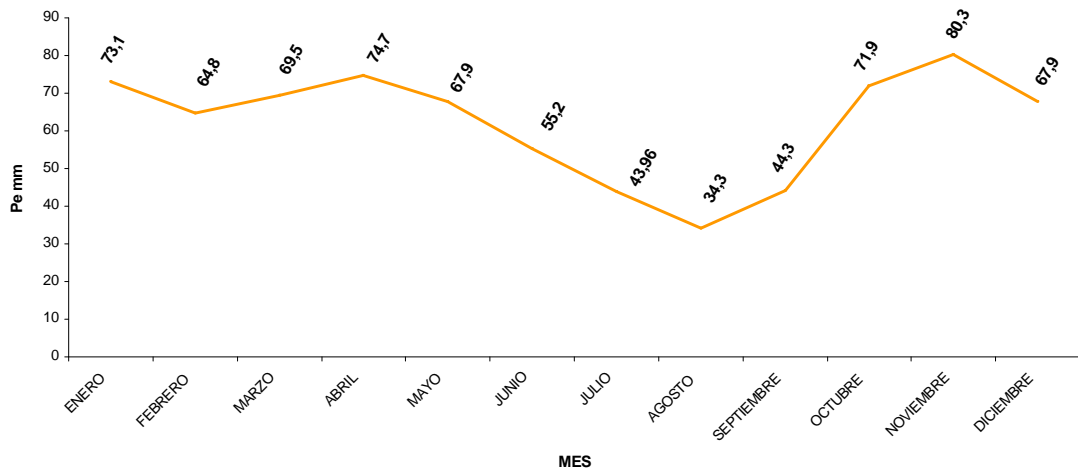
Según la gráfica la máxima precipitación se dio en el mes de noviembre; valor correspondiente a 100.5 mm y la mínima en el mes de agosto con 37 mm, corroborando lo descrito por Mejía,⁵³ en el Plan de ordenamiento de la microcuenca Guachucal en relación al régimen bimodal de lluvias con dos épocas marcadas de invierno en el año a saber abril y octubre.

⁵³ MEJIA DIAZ, J. Op.cit., p.15.

4.1.2 Precipitación efectiva.

De la precipitación total reportada en los datos de la Estación de Botana, se definió la precipitación efectiva y los datos se reportan en la gráfica N° 7

Gráfica 7. Variación de la Precipitación Efectiva en la Microcuenca Guachucal para el año 2005.



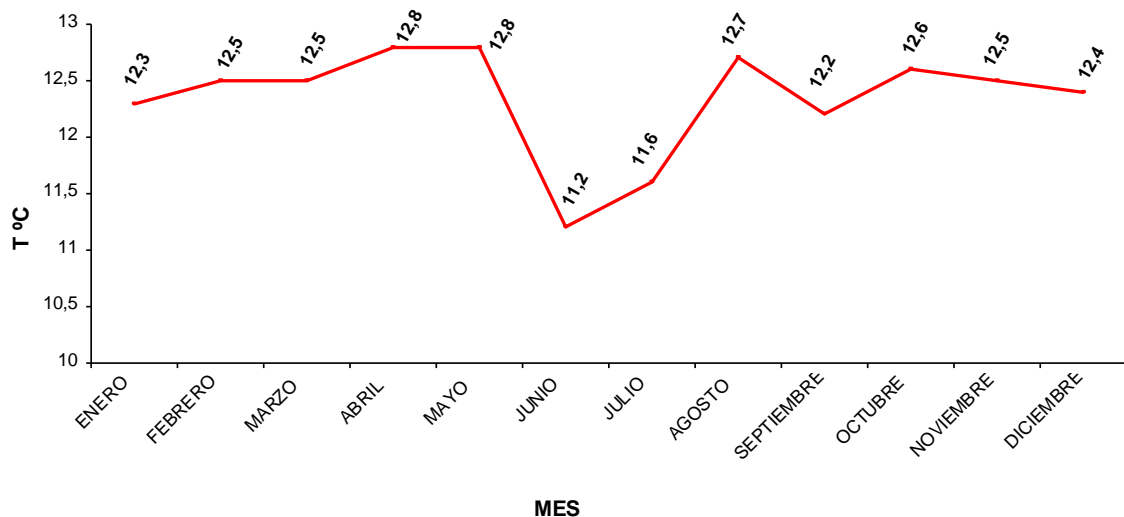
Fuente. Esta investigación

En la gráfica se deduce que de la precipitación total un 80 % es aprovechada por las plantas y dispuesta en el suelo, el 20 % restante es transportada, evaporada, percolada e infiltrada hacia el interior del suelo según Legarda y García (2002). De acuerdo con el método para la determinación de la precipitación efectiva de Blaney-Cridle de 88.9 mm de lluvia total para el mes de enero del año 2005 únicamente son efectivos 73.1 mm. Los meses con mayores valores de precipitación efectiva fueron en su orden noviembre, abril y enero con 80.3 mm, 74.7 mm, 73.1 mm respectivamente.

4.1.3 Temperatura.

Los datos de este parámetro reportados por el IDEAM para el año 2005 permiten concluir que la zona de la microcuenca Guachucal se encuentra ubicada en el piso térmico frío, con una temperatura que oscila entre 11,2 y 12,8 °C en contraposición al promedio de temperatura reportado en revisión de literatura por Mejía Díaz, (2005); donde se obtienen rangos entre 8 y 12°C. En la gráfico 8 se registran las variaciones durante el año son pequeñas y se presentan a continuación:

Gráfica 8. Valores de temperaturas promedio mensuales de la Estación Meteorológica Botana.



Fuente. Esta investigación

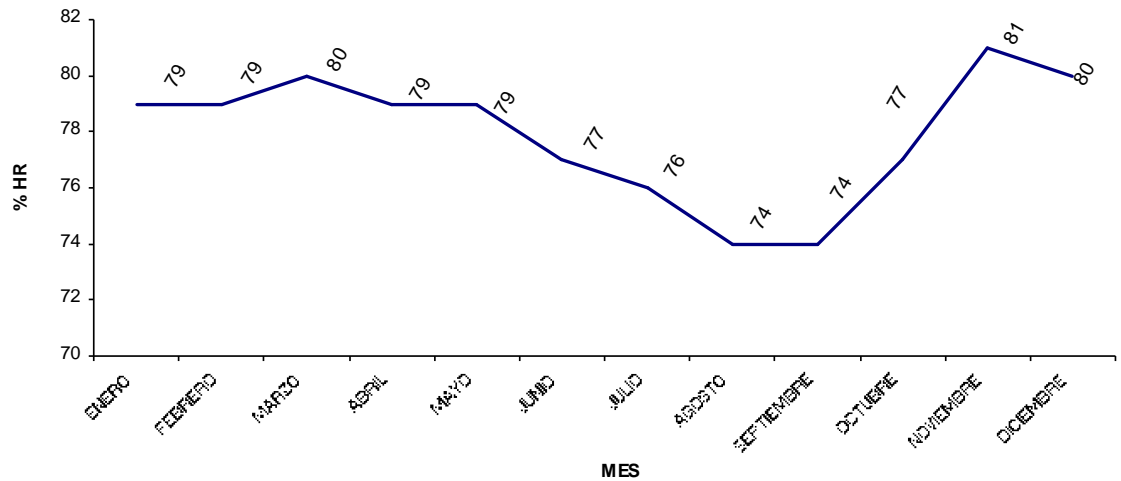
Este parámetro se comporta de manera regular, con respecto a los meses del año, las variaciones son mínimas, presentándose un máximo en abril, mayo y agosto y un mínimo en los meses de junio y julio.

Es contradictorio encontrar un dato tan alto de promedio de temperatura en el mes abril con 12,8 °C, si también durante el mismo mes existió una precipitación alta (91,4 mm), probablemente se deduce que así como existió volúmenes de lluvia elevados durante el día las temperaturas fueron tan altas, que reflejaron estos resultados.

4.1.4 Humedad relativa.

Se toma como base la estación de Botana y sus correspondientes registros se presentan en la grafica 9.

Gráfica 9. Valores humedad Relativa Promedio Mensual, Estación Botana.



Fuente. Esta investigación

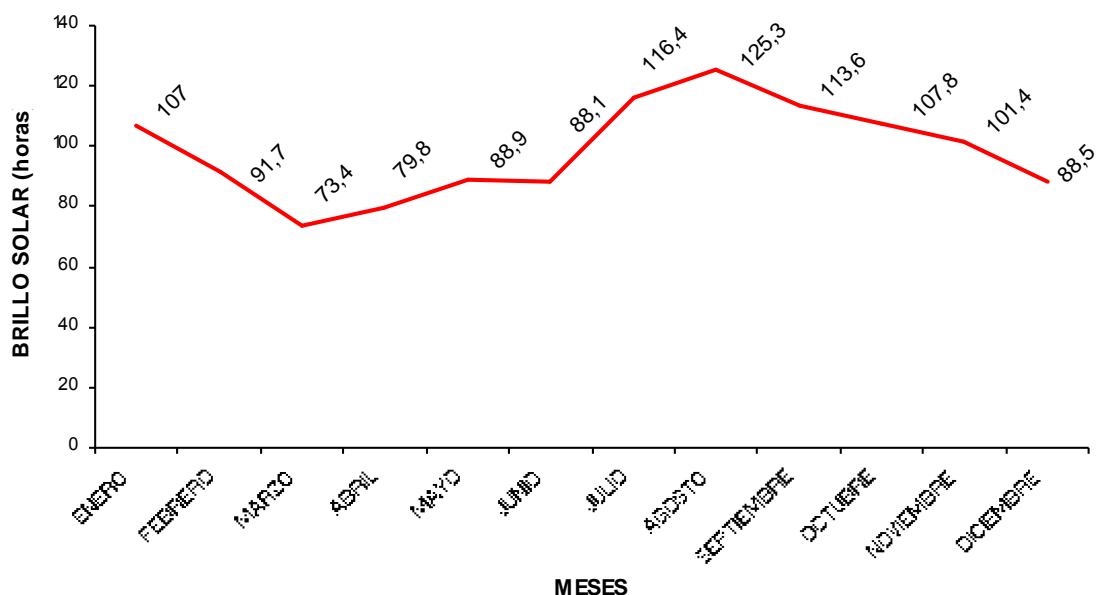
En la gráfica 9, las variaciones durante el año son pequeñas, se presenta una humedad de 74% en los meses de agosto y septiembre, en los meses de Marzo, noviembre y diciembre se presentan valores máximos de humedad, debido a las altas precipitaciones registradas durante estos mismos meses lo que representa un aumento significativo de humedad en el ambiente.

Se tiene como valor medio de humedad 78%, el valor mínimo corresponde a 74%, presentado en los meses de agosto y septiembre y un valor máximo de 81%, presentado en el mes de noviembre.

4.1.5 Brillo solar.

Se define como los intervalos de tiempo (horas y décimos) en los cuales la radiación solar alcanza una intensidad suficiente para producir sombras distintas. Con base en los análisis realizados, a continuación, se presenta un resumen de los resultados (Grafica 10).

Gráfica 10. Valores promedios Brillo Solar mensual Estación Botana



Fuente. Esta investigación

En la gráfica se tiene que las horas medias de brillo solar son de 88.9 para el mes de mayo, el número máximo de horas sol es de 125,3 para el mes de agosto y un valor mínimo de 73,4 horas para marzo, definiendo una correlación entre la temperatura presente y el brillo solar, precisando una época de verano fuerte o prolongado

4.2 RESULTADOS POTENCIAL HÍDRICO

Los árboles que se encontraban a 10 m de distancia de la fuente de agua mostraron un potencial hídrico medio diario de -0.49 MPa, la dinámica diaria mostro potenciales hídricos más altos en la mañana y decrecen al final de la tarde, El valor más alto de potencial que se presenta en esta distancia fue de -0.3 Mpa tomado de 8 a 9 am, coincidiendo con lo encontrado por Urdaneta, Araujo, y Lugo, , Solarte et al 2010^a y Colmenares et al citado en Solarte et al 2010^b en guayaba y *Abatia parviflora* que mostraron un potencial hídrico mayor en horas de la mañana. Así mismo las muestras tomadas entre 1, 2 y 5 de la tarde con potenciales de -0, 51 a -0.65 Mpa son más bajos que en otras horas del día, probablemente por las altas temperaturas registradas durante el medio día⁵⁴ que

⁵⁴ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES-IDEAM. www.ideam.gov.co. Venta de servicios. Información climatológica Estación Botana-Pasto-Nariño, 2005.

inducen altas tasas de transpiración y generan un desbalance entre el agua absorbida y el agua transpirada causando un descenso significativo del potencial hídrico con un decrecimiento del contenido de agua del xilema, Los valores muestran una tensión hídrica relativamente baja en las plantas de Laurel, comparados con otras especies como guayaba que puede llegar a tener -2.5 MPa al medio día (Solarte et al, 2010) y son mayores a los reportados para las parcelas ubicadas a 15 y 20 m de distancia de la fuente de agua (tabla 2 y 3)

4.2.1 Potencial hídrico en hojas de laurel (h) tomado in situ mayo-octubre de 2005 a 10 m de la fuente hídrica.

Cuadro 1. Potencial hídrico de la hoja de Laurel a lo largo del día, en arboles ubicados a una distancia de 10m del cauce de la microcuenca

| HORA | HOJA (Mpa) | sd | cv |
|----------|---------------|---------------|---------------|
| 7-8 am | -0,48 | 0,02 | 27,08 |
| 8-9 am | -0,30 | 0,003 | 20 |
| 9-10 am | -0,48 | 0,003 | 33,33 |
| 10-11 am | -0,51 | 0,01 | 19,6 |
| 11-12 am | -0,48 | 0,06 | 52,08 |
| 12-1pm | -0,47 | 0,02 | 27,66 |
| 1-2pm | -0,51 | 0,02 | 31,37 |
| 2-3pm | -0,45 | 0,02 | 31,11 |
| 3-4pm | -0,60 | 0,04 | 35 |
| 4-5 pm | -0,65 | 0,031 | 27,69 |
| | -4,93 | 0,227 | 304,92 |
| x | -0,493 | 0,0227 | 30,492 |

: potencial hídrico de la hoja en megapascales
sd: desviación estándar
cv: coeficiente de variabilidad (%)

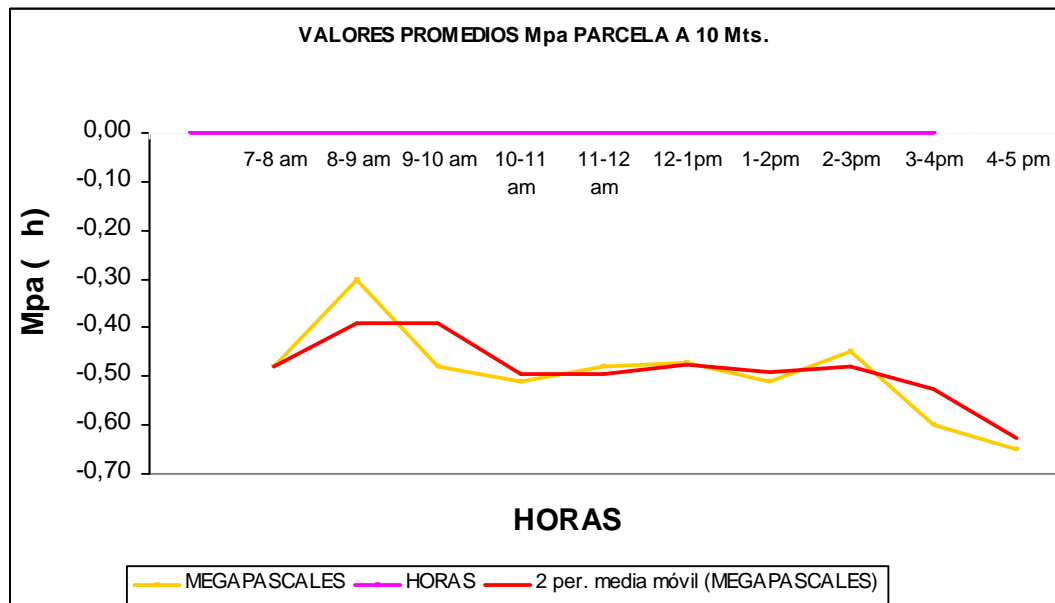
Fuente. Esta investigación

El promedio del porcentaje de variabilidad de 30.49 permite establecer que existe para este experimento una confiabilidad aceptable para este estudio en la interpretación de estos datos de acuerdo a la tabla de categorías de coeficiente de variación reportada por Calzada citada por Legarda et al.⁵⁵; probablemente estos

⁵⁵ URDANETA, T, ARAUJO, F y LUGO, L. Estudio comparativo sobre dos métodos para determinar el potencial hídrico en el cultivo de guayabo (*Psidium guajava*) en la planicie de Maracaibo, Venezuela. En revista Facultad de Agronomía (LUZ) 2003; p.1-9.

resultados variaron en forma considerable debido a la heterogeneidad del suelo en el sitio de ensayo y a la ubicación de las parcelas.

Grafica 11. Potencial hídrico de la hoja de Laurel a lo largo del día, en arboles ubicados a una distancia de 10m del cauce de la microcuenca



Fuente. Esta investigación.

De la gráfica 11, se puede deducir que la línea de tendencia demarcada con rojo coincide con la obtenida para la medida de potencial hídrico (h), disminuyendo a través de las horas del día.

Se muestra valores altos entre las 8:00 y las 9:00 am con -0.3 Mpa como valor de potencial hídrico, igualmente después de las 2:00 pm se observa un ligero incremento en valores de potencial hídrico.

4.2.2 Potencial hídrico en hojas de laurel (h) tomado in situ mayo-octubre de 2005 a 15 m de la fuente hídrica

Cuadro 2. Potencial hídrico de la hoja de Laurel a lo largo del día, en arboles ubicados a una distancia de 15m del cauce de la microcuenca

| HORA | HOJA (Mpa) | sd | cv |
|----------|--------------|--------------|---------------|
| 7-8 am | -1,4 | 0,4 | 45 |
| 8-9 am | -1,18 | 0,28 | 45 |
| 9-10 am | -1,6 | 0,3 | 34,37 |
| 10-11 am | -1,45 | 0,3 | 37,93 |
| 11-12 am | -1,57 | 0,21 | 29,29 |
| 12-1pm | -1,2 | 0,21 | 38,36 |
| 1-2pm | -1,28 | 0,2 | 35,15 |
| 2-3pm | -1,52 | 0,28 | 34,87 |
| 3-4pm | -1,75 | 0,22 | 26,86 |
| 4-5 pm | -1,25 | 0,48 | 55,2 |
| | -14,2 | 2,88 | 382,03 |
| x | -1,42 | 0,288 | 38,203 |

: potencial hídrico de la hoja en megapascales

sd: desviación estándar

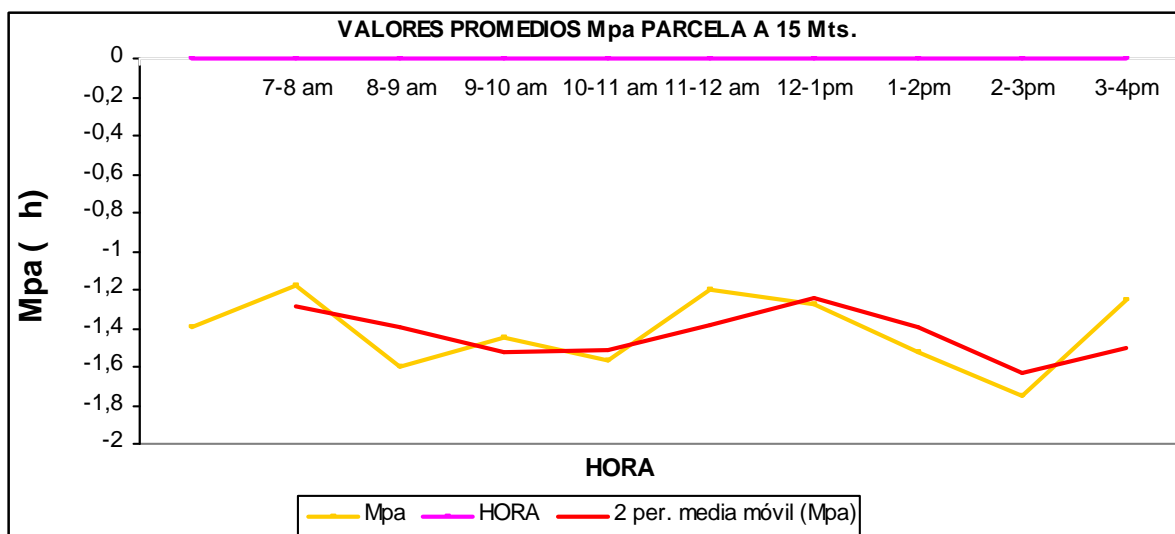
cv: coeficiente de variabilidad (%)

Fuente. Esta investigación

A una mayor distancia de la fuente de agua las plantas de Laurel muestran valores más bajos de potencial hídrico durante el día, en promedio se registró un potencial de -1.42 MPa, el valor más bajo de potencial hídrico de -1,75 Mpa, se registró en horas de la tarde (3-4 pm), indicando un mayor desbalance hídrico de la planta por una menor disponibilidad de agua en el suelo a esta distancia de la microcuenca.

El promedio de desviación estándar así como el coeficiente de variabilidad es más alto que en las muestras reportadas a 10 m. y estadísticamente se asume que existe una baja representatividad del porcentaje obtenido; esto se debe a una mayor heterogeneidad de las unidades muestrales por alejamiento de las muestras a la fuente hídrica.

Grafica 12. Relación entre el Potencial Hídrico de hojas de laurel y el tiempo a 15 m de distancia de la fuente hídrica



Fuente. Esta investigación

Se aprecia en la gráfica 12 un ligero aumento en el potencial hídrico, después de las 4 de la tarde, en razón a que las plantas tienden a recuperar humedad del ambiente y del suelo en horas cercanas a la noche, coincidiendo con lo afirmado por Contador, G. (1998)⁵⁶ en investigaciones realizadas en palmas que recuperan humedad en horas nocturnas.

4.2.3 Potencial hídrico en hojas de laurel (h) tomado in situ mayo-octubre de 2005 a 20 m de la fuente hídrica

A una distancia de 20 metros de la microcuenca las plantas de laurel mostraron en promedio a lo largo del día un potencial de -1.3 MPa valores que son bajos, pero que a su vez corresponden a potenciales que se encuentran en arboles por su extensa superficie de evaporación (Larcher 2003), en este caso el potencial hídrico inició relativamente más alto en las primeras horas de la mañana mostrando una posible recuperación del estatus hídrico de la planta en la noche.

⁵⁶ CONTADOR, Op.cit., p.30.

Cuadro 3. Potencial hídrico de la hoja de laurel a lo largo del día, en arboles ubicados a una distancia de 20m del cauce de la microcuenca

| HORA | HOJA (Mpa) | sd | cv |
|----------|---------------|--------------|---------------|
| 7-8 am | -0,97 | 0,29 | 55,67 |
| 8-9 am | -1,43 | 0,67 | 57,34 |
| 9-10 am | -1,35 | 0,4 | 46,67 |
| 10-11 am | -1,47 | 0,24 | 33,33 |
| 11-12 am | -1,02 | 0,09 | 30,39 |
| 12-1pm | -1,31 | 0,26 | 38,93 |
| 1-2pm | -1,23 | 0,34 | 47,97 |
| 2-3pm | -1,27 | 0,57 | 59,05 |
| 3-4pm | -1,62 | 0,14 | 22,84 |
| 4-5 pm | -1,67 | 0,17 | 25,15 |
| | -13,34 | 3,17 | 417,34 |
| x | -1,334 | 0,317 | 41,734 |

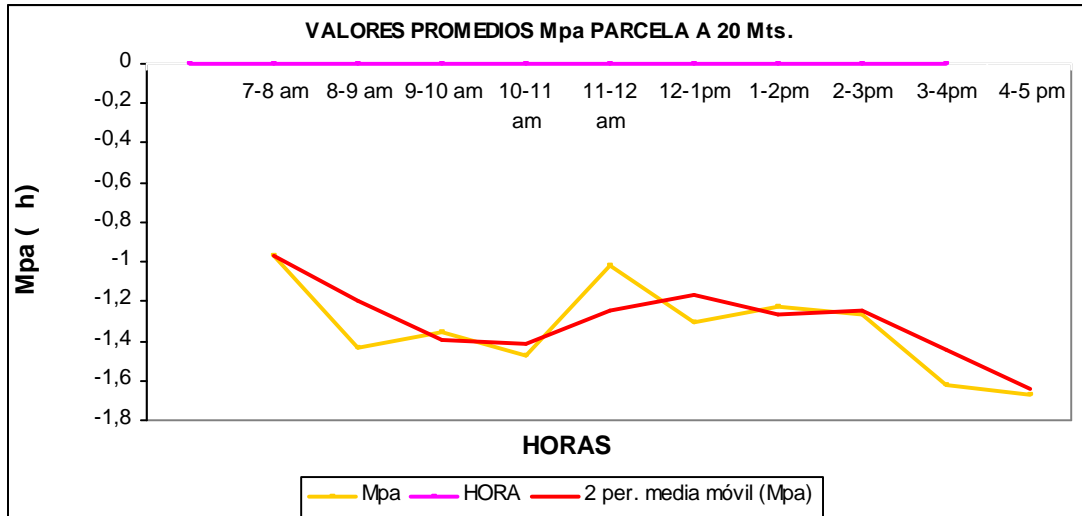
: potencial hídrico de la hoja en megapascales
sd: desviación estándar
cv: coeficiente de variabilidad (%)

Fuente. Esta investigación

En el cuadro anterior se presenta un decrecimiento gradual en los valores de potencial hídrico a partir de las 8:00 a.m. y posteriormente después de las 2:00 pm

El coeficiente de variabilidad de 41.73 es más alto que el obtenido en las muestras de 10 y 15 m, la alta variabilidad en los datos está influenciada para el caso de este experimento por el menor contenido de agua en los tejidos en las muestras dada la distancia mayor de las plantas con referencia a la fuente hídrica.

Grafica 13. Relación entre el Potencial Hídrico y el tiempo a 20 m de distancia de la fuente



Fuente. Esta investigación

De la gráfica 13, se deduce que los valores registrados para las muestras ubicadas a 20 m de la fuente tienden a disminuir en cuanto al potencial hídrico en hojas (h); el valor más alto se presentó de 7 a 8 am cuando las plántulas presentan más turgencia.

En general los promedios de potencial hídrico (h) de la hoja son más altos en las muestras tomadas a 10 m, esto debido a que las plantas se ubican en una posición más cercana a la fuente, los tejidos foliares presentan mayor cantidad de humedad.

Los promedios menores de (h) fueron los registrados a 15 m y a 20 m de la fuente, conservan la tendencia de los obtenidos a 10 m de la fuente hídrica.

Las muestras tomadas a 10 m de distancia de la fuente presentan menor variabilidad que las obtenidas a distancias de 15 y 20 m, concluyendo para el caso de este estudio que la técnica de medición más precisa para la obtención del potencial hídrico de la hoja (h) se presenta en la parcela más cercana a la fuente hídrica, de acuerdo a la afirmado por Urdaneta et al (2003).

4.3 VALORES DE CONTENIDO ABSOLUTO DE AGUA (CAA)

El contenido absoluto de agua confirma una relación directa entre la humedad del suelo y la tolerancia de la planta al déficit hídrico.⁵⁷ Se estima que el CAA es el principal determinante de la actividad metabólica y sobrevivencia foliar, se considera a este parámetro como una respuesta confiable en comparación con las mediciones termodinámicas para analizar las reacciones fisiológicas cuando se presenta la desecación.⁵⁸

Los resultados mostraron que el contenido relativo de agua de la hoja durante el día se mantuvo en promedio con un 62.3%, durante el curso diurno de contenido relativo de agua fue bajo desde las primeras horas de la mañana y tuvo una leve recuperación en horas de la tarde, la planta de laurel mostró una pérdida de agua fuerte desde muy temprano en la mañana que produjo una reducción del volumen celular, estos resultados coinciden con los encontrados en potencial hídrico y siguen la ley de Boyle-Mariotte, que indica que el decrecimiento en la presión celular (potencial hídrico) por la progresiva pérdida de agua está relacionado con el decrecimiento del volumen celular (CAA) (Larcher 2003).

4.3.1 Contenido absoluto de agua (CAA) tomado in situ en hojas de laurel de cera entre mayo-octubre de 2005 a 10 m de la fuente hídrica

En el cuadro N° 4 se aprecia un comportamiento diario del contenido absoluto de agua con el transcurso del día, observando que no se aprecia variabilidad alta en los datos.

⁵⁷ STERLING, Op.cit., p.78.

⁵⁸ LARCHER Walter. Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and stress physiology of Functional Groups. Fourth Edition. Springer. Berlin. 2003. p 231-296.

Cuadro 4. Curso diario del contenido absoluto de agua a 10 m distante de la microcuenca

| HORA | HOJA (CAA) | SD | CV |
|----------|------------|--------|--------|
| 7-8 am | 61,43 | 87,52 | 15,23 |
| 8-9 am | 62,01 | 40,12 | 10,21 |
| 9-10 am | 61,42 | 53,04 | 11,89 |
| 10-11 am | 61,84 | 63,69 | 12,9 |
| 11-12 am | 62,3 | 56,57 | 12,07 |
| 12-1pm | 64,58 | 63,93 | 12,31 |
| 1-2pm | 67,92 | 37,58 | 9,02 |
| 2-3pm | 63,19 | 48,98 | 11,08 |
| 3-4pm | 58,34 | 21,95 | 8,03 |
| 4-5 pm | 60,79 | 51,26 | 11,78 |
| | 623,82 | 524,64 | 114,52 |
| X | 62,382 | 52,464 | 11,452 |

CAA: Contenido Absoluto de Agua en porcentaje (%),
SD: Desviación estándar,
CV: coeficiente de variabilidad

Fuente. Esta investigación

El coeficiente de variabilidad de 11.45% se califica como un resultado muy bueno lo que infiere en la confiabilidad en los datos encontrados según lo reportado por Calzada (1970) citado por Legarda, Lagos y Vicuña (2001)⁶¹ en la tabla de coeficientes de variabilidad.

4.3.2 Contenido Absoluto de agua (CRA) tomado en situ en hojas de laurel de cera entre mayo-octubre de 2005 a 15 m de la fuente hídrica

A una distancia de 15 m de la cuenca el contenido relativo de agua de la hoja de laurel mostró un promedio diario de 61% con una variabilidad baja a lo largo del día, por otra parte este porcentaje es similar al encontrado a una distancia de 10 m lo que indica que esta especie está regulando el contenido de agua dentro de sus tejidos a pesar de la baja disponibilidad de agua, sería necesario establecer si existe un posible ajuste osmótico (cuadro 5).

Cuadro 5. Curso diario del contenido Absoluto de agua a 15 m de la microcuenca

| HORA | HOJA (CAA) | SD | CV |
|----------|---------------|---------------|---------------|
| 7-8 am | 60,77 | 97,97 | 16,29 |
| 8-9 am | 56,89 | 29,96 | 9,62 |
| 9-10 am | 65,03 | 56,79 | 11,59 |
| 10-11 am | 65,63 | 38,29 | 9,43 |
| 11-12 am | 62,99 | 30,22 | 8,73 |
| 12-1pm | 62,73 | 86,88 | 14,86 |
| 1-2pm | 56,5 | 78,14 | 15,65 |
| 2-3pm | 52,29 | 73,55 | 16,4 |
| 3-4pm | 66,28 | 90,32 | 14,34 |
| 4-5 pm | 61,65 | 100 | 16,23 |
| | 610,76 | 682,12 | 133,14 |
| x | 61,076 | 68,212 | 13,314 |

CAA: contenido Absoluto de agua en porcentaje (%)

SD: desviación estándar

CV: coeficiente de variabilidad

Fuente. Esta investigación

4.3.3 Contenido Absoluto de agua (CAA) tomado en situ en hojas de laurel de cera entre mayo-octubre de 2005 a 20 m de la fuente hídrica

A 20 m de distancia el contenido absoluto de agua en las hojas fue menor que a las distancias anteriores, se observa que el déficit de agua en los tejidos es del 53.3% a 20m comparado con 38.9 y 37.6% a las distancias de 15 y 10 m respectivamente. Estos resultados muestran que existe un balance de agua negativo para las plantas de laurel, y que se acentúa a mayor distancia de la fuente de agua; los procesos básicos incluidos en el balance de agua de una planta son la entrada de agua, la conducción de agua, y la pérdida de agua, solo si las tasas de estos procesos están ajustadas al menos por largo tiempo es probable que se tenga un balance satisfactorio; la diferencia entre absorción y transpiración indica la desviación y el tamaño del equilibrio (Larcher 2003) en este caso no tenemos datos de absorción de agua sin embargo observamos déficit en los tejidos de laurel a lo largo del día lo cual indica una mayor pérdida de agua con relación a la absorción.

Cuadro 6. Curso diario del contenido relativo de agua a 20 m distante de la microcuenca

| HORA | HOJA (CAA) | sd | cv |
|----------|---------------|--------------|--------------|
| 7-8 am | 56,04 | 22,77 | 8,51 |
| 8-9 am | 54,25 | 79,3 | 16,41 |
| 9-10 am | 54,8 | 22,19 | 8,6 |
| 10-11 am | 58,51 | 31,73 | 9,63 |
| 11-12 am | 53,83 | 23,31 | 8,97 |
| 12-1pm | 56,51 | 7,45 | 4,83 |
| 1-2pm | 59,8 | 35,29 | 9,93 |
| 2-3pm | 59,44 | 30,46 | 9,29 |
| 3-4pm | 57,25 | 46,75 | 11,94 |
| 4-5 pm | 57,34 | 9,45 | 5,36 |
| | 567,77 | 308,7 | 93,47 |
| x | 56,777 | 30,87 | 9,347 |

CAA: contenido Absoluto de agua en porcentaje (%)

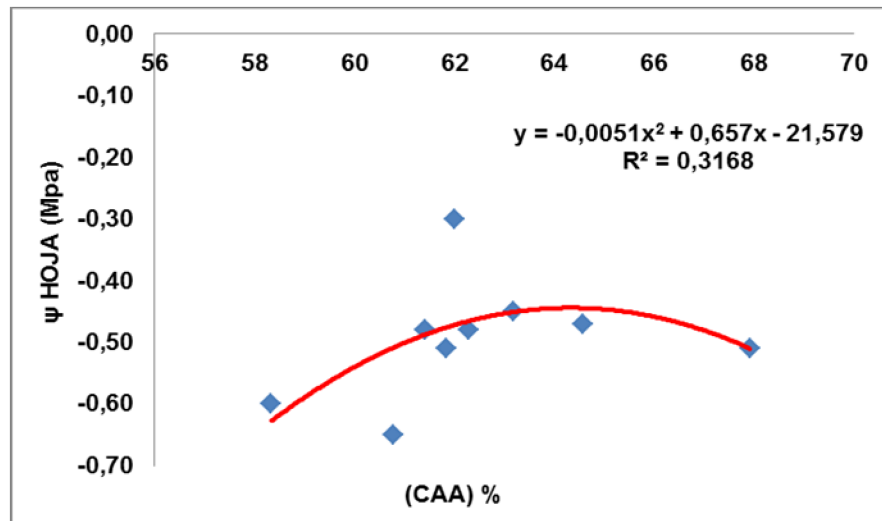
SD: desviación estándar

CV: coeficiente de variabilidad

Fuente. Esta investigación

Si se compara el potencial hídrico de la hoja (h) en megapascales (Mpa) con el contenido Absoluto de agua (CAA) en porcentaje se obtiene la gráficas N° 14, 15 y 16.

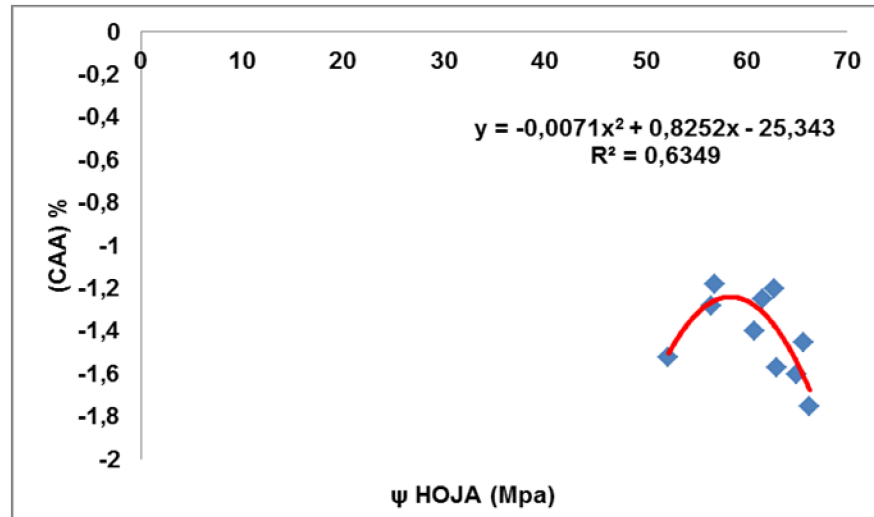
Gráfica 14. Comparación entre el Potencial Hídrico de la hoja (ψ) y el Contenido Absoluto de agua (CAA) a 10 m de la fuente



Fuente. Esta investigación

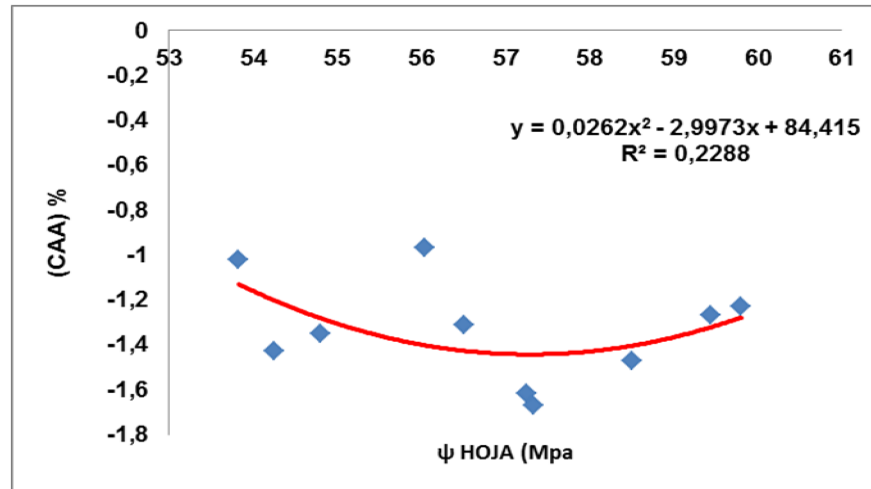
Si se observa la gráfica 14, se puede apreciar que a medida que baja el promedio de los valores del potencial hídrico, el contenido relativo de humedad disminuye en igual forma. Para el caso de las muestras de 10 m el contenido relativo de agua fue de 62.38% correlacionó el potencial hídrico a la misma distancia y arrojó un valor más alto con -0.493. El R^2 fue de 0,31, indicando alta variabilidad en los datos.

Gráfica 15. Comparación entre el Potencial Hídrico de la hoja (ψ) y el Contenido Absoluto de agua (CAA) a 15 m de la fuente



Se observa una tendencia directamente proporcional entre la disminución del potencial hídrico y el contenido absoluto de agua, R^2 nos presenta 0,63 que representa menor variabilidad en los resultados.

Gráfica 16. Comparación entre el Potencial Hídrico de la hoja (ψ) y el Contenido Absoluto de agua (CAA) a 20 m de la fuente



Se conserva la misma tendencia de las anteriores distancias, es decir que el potencial hídrico decrece con el paso de las horas del día y se mantiene una variabilidad constante a una distancia de 20 m.

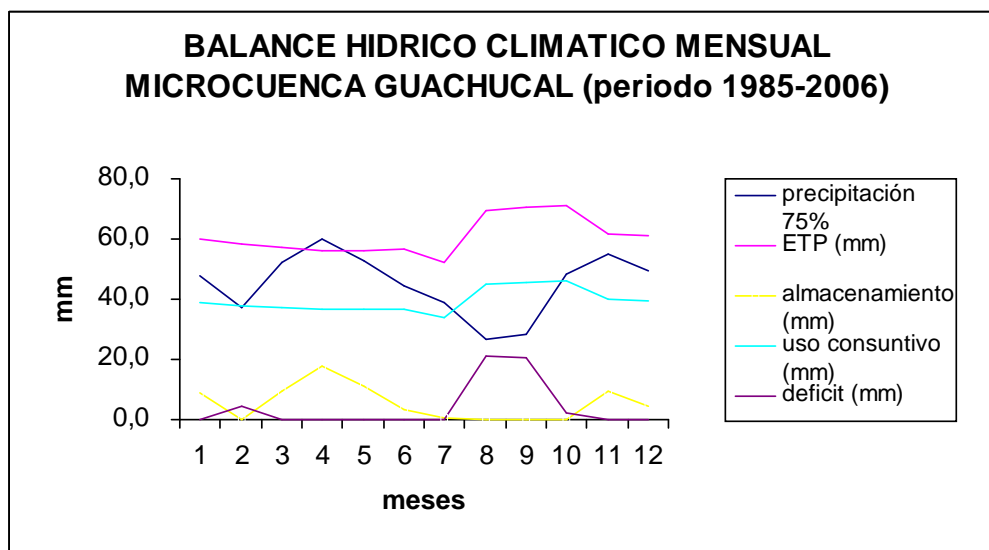
4.4 BALANCE HÍDRICO CLIMÁTICO PARA LA MICROCUENCA GUACHUCAL CON LA ESPECIE LAUREL DE CERA

De acuerdo con el anexo B de balance hídrico climático para laurel de cera, esta especie forestal presenta déficit hídricos más altos en los meses de agosto y septiembre con 21,3 y 20,3 mm respectivamente, para un periodo de 22 años, resultado que se puede explicar por el comportamiento bimodal del periodo de sequía, que durante estos meses presenta una disminución marcada en los valores de precipitación respectivamente”⁵⁹.

“El uso consuntivo de agua para el laurel de cera en esta investigación fue de 474,6 mm, teniendo un déficit de 48,6 mm durante el mismo periodo, por lo que se deduce que se debe implementar la aplicación de mínimo riego para compensar esta necesidad hídrica”.⁶⁰ de acuerdo a Gurovich (1999).

“La mayor necesidad de riego se tiene en los meses de febrero, agosto, septiembre y octubre en la microcuenca Guachucal en su parte baja. Si se infiere en la diferencia obtenida entre la precipitación efectiva y el uso consuntivo de 13,6 mm se tiene un aporte de agua al suelo y por ende a la fuente hídrica, debido a que la planta utiliza únicamente el agua necesaria para desarrollar sus funciones fisiológicas”. de acuerdo a León (snt).

Grafica 17. Balance hídrico climático microcuenca Guachucal



Fuente. Esta investigación

⁵⁹ IDEAM. Op.cit., p.23.

⁶⁰ GUROVICH, L. Fundamentos y diseño del sistema de riego. San José, Costa Rica, IICA, 1999. p.15.

“De acuerdo con la gráfica 17, modelo tomado por Agudelo y Guarnizo, E⁶¹, la mayor evapotranspiración se presentó en los meses de septiembre y octubre con 70,3 y 71 mm respectivamente. La evapotranspiración es mayor que la precipitación efectiva”.⁶²

Para calcular la ETP, se utilizó un coeficiente de cultivo (Kc) de 0.65, debido a la condición natural de especie forestal o de bosque del sitio de ensayo.

Existe un almacenamiento de 17,7 mm, cuando se produce una precipitación de 60,2 mm, durante el mes de abril con una probabilidad del 75% y disminuye con el aumento de la ETP.

Por otra parte, se puede afirmar que el laurel de cera regula las cantidades de agua a largo plazo, esto por su condición de especie nativa en contraposición a lo afirmado por Oyarzún, y Huber, en la demostración de balances hídricos en especies exóticas tipo pino, Igualmente se reporta lo descrito, citados por los anteriores autores, quienes afirman que las especies introducidas declinan los volúmenes hídricos de las microcuencas en un periodo no mayor a cinco años.

El promedio de uso consuntivo mensual de la especie laurel de cera, encontrado en la microcuenca Guachucal es de 39,5 mm para un total anual de 474,6 mm.

“Existe déficit hídrico durante los meses de Julio hasta finales de septiembre, coincidiendo con el aumento de la temperatura, la evaporación y disminución de la precipitación de acuerdo con los datos suministrados por IDEAM”⁶³.

4.5 SOCIALIZACIÓN AMBIENTAL

Para la socialización, se realizaron cinco charlas con grupos de habitantes de la parte baja de la microcuenca que consistió en realizar prácticas y visitas de campo donde se desarrolló un programa que tenía como finalidad explicar la importancia ecológica del Laurel de cera (*Morella pubescens*), la conservación de las fuentes hídricas, el cuidado y el mantenimiento de las microcuencas en su orden natural.

Esta experiencia permitió confrontar convivencias con los habitantes de la microcuenca y áreas dyacentes urbanas, comuna cinco, específicamente en los barrios: La Minga y el Chambú.

⁶¹ LEGARDA, L y GARCÍA, R. Op.cit., p.61.

⁶² OYARZÚN, C y HUBER, A. Balance Hídrico en plantaciones jóvenes de *Eucalytus globulus* y *Pinus radiata* en el sur de Chile. En terra volumen 17 número 1, 1999. Disponible en Internet. [www.chapingo.mx/terra/contenido/17art 35-44.pdf](http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17art%2035-44.pdf). p.38.

⁶³ IDEAM. Op.cit., p7.

Gracias a la colaboración de líderes comunitarios de estos sectores, se logró concientizar en la protección de los recursos naturales a personas adultas y niños a través de jornadas teórico-prácticas sobre la temática desarrollada en el presente trabajo, esto con el objeto de acercar a la comunidad al conocimiento y prácticas amigables con el entorno, actitud favorable para la conservación de los recursos naturales.

Se estableció y transfirió el conocimiento desarrollado para esta especie por el Plan de Investigación, Fomento e Industrialización PIFIL, liderado por la Universidad de Nariño, donde, se establece el paquete Agronómico, ecológico e industrial de esta especie forestal, logrando una recepción y entendimiento de los estudios logrados.

Se explicó además los alcances obtenidos para la presente investigación en lo referente a la regulación hídrica de esta especie forestal y su importancia en el mantenimiento de los caudales en las microcuencas.

Se recomendó la siembra de esta especie para la protección y recuperación de las microcuencas. Dado el alto interés de las personas asistentes a los conversatorios, varios de los asistentes manifestaron la opción de cultivar este tipo de especie forestal, con el fin de mirar la viabilidad de la producción y comercialización.

Se concientizó a los habitantes de los barrios la Minga y Chambú II, parte de la comunidad rural de Puerres, Jamondino, Botana y barrios urbanos pertenecientes a la comuna cinco, sobre la importancia de la preservación y cuidado en condiciones naturales de las microcuencas.

Se realizaron charlas y explicaciones en campo con grupos de 15 a 20 personas por reunión, para un total de 5 encuentros con la comunidad del sector interesada en el trabajo investigativo.

Se realizaron recorridos de campo con los habitantes hasta los transectos, se identificó la especie y los alrededores de la zona de estudio para sensibilizar ambiental y ecológicamente a parte de la población.

CONCLUSIONES

- Se estableció este ensayo entre los meses comprendidos entre mayo y Octubre del 2005, siembra realizada en el sector conocido como microcuenca Guachucal. Y consistió en medir el potencial hídrico de la especie Laurel de cera situado a 10 15 y 25 m. de la fuente agua.
- Se deduce que el potencial hídrico es un parámetro que nos acerca a entender como afectan las diferentes condiciones climáticas, brillo solar, humedad relativa, evaporación y otras a la planta de laurel de cera establecida en el presente ensayo en la microcuenca Guachucal.
- La medición más precisa del potencial hídrico de las hojas (h) se presentó en la parcela más cercana a la fuente hídrica, reportando valores cercanos a cero, de alto contenido hídrico. Con uno de los picos más altos en su valor atribuible a la presencia de alta humedad en el suelo y en el ambiente.
- Los mayores valores del contenido absoluto de agua, se presentaron en los muestreos tomados a 10 m de la fuente de agua, debido a que las condiciones climáticas y geomorfológicas son de mayor incidencia. esto se debe a una mayor concentración de humedad en el suelo y menor efecto de arrastre de humedad por el viento.
- Cuando los valores promedios de potencial hídrico disminuyen, el contenido relativo de agua también decrece. Así mismo, cuando se necesita mayor presión para someter muestras de hojas de laurel, se obtiene un menor potencial hídrico que puede estar asociado a la alta resistencia de la especie a conservar su humedad.
- El balance hídrico presenta un uso consuntivo anual de 474,6 mm, distribuido en 48,6 mm para los doce meses. Se tiene una mayor necesidad hídrica o de riego en los meses de febrero, agosto y septiembre. Se comprende porque estos meses son de alta luminosidad, elevada temperatura, con pocas lluvias.
- En cuanto al almacenamiento de agua, se obtuvo un valor de 17,7 mm, cuando existe una precipitación de 60,2 mm, en el mes de abril con una probabilidad del 75%. Explicable el valor encontrado dado que es cuando más precipitación se produce, los días son nublados, en general la planta no realiza ningún gasto de agua, quedando disponible en el suelo.
- Considerando que cualquier investigación, esta debe ir a solucionar problemáticas sociales, ambientales, económicas se procedió a sensibilizar a través de charlas y jornadas ecológicas a una parte de la población adyacente a la microcuenca Guachucal en su parte media y baja, con el

objeto que conozca y pueda aprovechar la investigación, el hecho del conocimiento de la investigación hace que se le de relevancia e importancia a las coberturas vegetales son de suma importancia para la conservación de las microcuencas como reguladores del recurso hídrico.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones para evaluar el comportamiento de regulación hídrica en la especie *Morella pubescens* en otros estados fenológicos como etapa de crecimiento, floración, fructificación que demuestren objetivamente la importancia ecológica en la retención y mantenimiento de la humedad del suelo y en caudales hídricos.
- Trabajar en estudios de potencial hídrico en especies forestales como aliso, cordoncillo, sauce, nacedero, que son escasas en nuestro medio, pero que podrían arrojar resultados promisorios en la implementación de estos materiales en reforestaciones de tipo productor-protector.
- Asociar la especie laurel de cera con otras de orden nativo para establecer su comportamiento en la regulación hídrica de las microcuencas en un sitio establecido.

BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO, O y GUARNIZO, E. Guías para determinar los parámetros hidrofísicos del suelo para riego. Convenio República de Colombia-Gobierno de Japón. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Relaciones Exteriores, INAT, Agencia Colombiana de Cooperación Internacional, CECIL, snt. 119 p.

AZCON - BIETO, J.M. TALON. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw Hill Interamericana. Editions, Barcelona, 1990. 581 p.

BIDWELL, R. G. Fisiología vegetal. AGT editor. México, 1991. 659 p.

BURBANO, W Y GUAPUCAL, M. Influencia de la vegetación en la regulación de caudales en las microcuencas del río Bermejil y quebrada el Verde, Cuenca alta del río Bobo, Municipio de Pasto, Tesis Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto, 2001. 125 p.

CHISTIENSEN, M y LEWIS, C. Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables. Limusa, México, 1987. 534 p.

CONTADOR, G. Caracterización del status hídrico del palto (*Persea americana*), en función de la humedad disponible en el suelo, en dos tipos de suelo y dos sistemas de riego. Quillota. Chile: 1998, p.7.

CODIGO NACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES. Artículo 312, 1974

FERREIRA, R. Cámara de presión, instrumento para controlar el riego midiendo el estado hídrico de las plantas. 2002. p.1.

GÓMEZ CABRERA, L. Estudio de tres niveles de fertilización y dos distancias de siembra para el cultivo de laurel de cera (*Myrica pubescens* Humb & Bonpl, ex Willd) en el municipio de San Pablo, Depto de Nariño. Tesis Ingeniería Agrónoma. Universidad de Nariño. Pasto, 1999. 75p.

GUROVICH, L. Fundamentos y diseño del sistema de riego. San José, Costa Rica, IICA, 1999. 433 p.

HERNANDEZ GIL, R. Distribución de la vegetación en relación al clima. En www.forest.ula.ve/ rubenhg. 2001. 2p.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES-IDEAM. www.ideam.gov.co. Venta de servicios. Información climatológica Estación Botana-Pasto-Nariño, 2005.

J. COOMBS, et al. Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. UNEP, Chapingo, México, 1988. 258 p.

JIMÉNEZ, F. Medición de los componentes del balance hídrico en sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica, 2002. 17p

KRAMER, P. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. Harla, 1989, p.174.

LARCHER Walter. Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and stress physiology of Functional Groups. Fourth Edition. Springer. Berlin. 2003. p 231-296.

LEGARDA, L y GARCÍA, R. Manual de Riego Agrícola. Editorial Universitaria, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia, 2002. 183 p.

LEGARDA, L y PUENTES, G. Talleres de Agroclimatología. UNIGRAF, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, 2001. 216 p.

LEGARDA, L, LAGOS, T y VICUÑA, L. Diseños de experimentos agropecuarios. UNIGRAF, Pasto: 2003, p.44.

LEON, P. A. Importancia del Agua en la Producción Agrícola. Convenio República de Colombia-Gobierno de Japón. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Relaciones Exteriores, INAT, Agencia Colombiana de Cooperación Internacional, CECIL, snt. 27 p.

MATTEUCCI, S y COLMA, A. Metodología para el estudio de la vegetación. OEA. Monografía Científica, N° 23 Washington. 1982.

MEJIA DIAZ, J. Formulación del plan de ordenamiento y manejo ambiental de la microcuenca Guachucal, municipio de Pasto-Nariño, 2005.161 p.

MUÑOZ, J., et al. Análisis de la producción de Laurel de cera (*Myrica pubescens* Humb. & Bonpl, ex Willd) y de la comercialización de la cera en algunos municipios del Departamento de Nariño, Colombia, 1993. 95 p.

MUÑOZ, J Y LUNA, C. Guía para el cultivo, aprovechamiento y conservación del Laurel de cera (*Myrica pubescens* Humb. & Bonpl, ex Willd). Pasto, Colombia, 1999. 36 p.

MUÑOZ, J Y LUNA, C. Laurel de cera (*Myrica Pubenscens*), Pasto, Colombia, 2002. 126 p.

MUÑOZ, Z. A. Determinación de la madurez fisiológica de las semillas de laurel. Tesis Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. 2000, p.30.

OYARZÚN, C y HUBER, A. Balance Hídrico en plantaciones jóvenes de *Eucalytus globulus* y *Pinus radiata* en el sur de Chile. En terra volumen 17 número 1, 1999.10p. www.chapingo.mx/terra/contenido/17art_35-44.pdf.

PARRA, C. Revisión taxonómica de la familia Myricaceae en Colombia. En Caldasia 25(1) 2003 p.23-64.

SALAZAR, O. Ficha Técnica Herbario. Clasificación Taxonómica de Plantas. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales. San Juan de Pasto. 1999.

SOLARTE, M.E., MELGAREJO M., ROMERO H.M.,(a) Caracterización ecofisiológica de guayaba en la hoya del río Suárez. En: Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de guayaba, *Psidium guajava* L. para el fortalecimiento de la cadena productiva. Morales A.L. Melgarejo L. (Eds)200 p. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia. P. 25-56. 2010.

SOLARTE, M.E., PEREZ L.V., MELGAREJO LM.,(B) **Ecofisiología Vegetal.** En: Experimentos en Fisiología Vegetal. Melgarejo L. (Ed). 277 p. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia. P. 137-166. 2010.

SOLARTE, M.E., Efectos de estrés hídrico en la fisiología y actividades fotoquímicas de frijol. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México, 1992. 98p.

STERLIN, F. Determinación del contenido relativo de agua en progenies de palma aceitera (*Elaeis guineensis*), durante la época seca en QUEPOS, Costa Rica. En: agronomía Costaricense 14 (1):. 1990, p.74.

URDANETA, T, ARAUJO, F y LUGO, L. Estudio comparativo sobre dos métodos para determinar el potencial hídrico en el cultivo de guayabo (*Psidium guajava*) en la planicie de Maracaibo, Venezuela. En revista Facultad de Agronomía (LUZ) 2003; 20:1-9.

www.monografias.com

www.wikipedia.com

ANEXOS

Anexo A. Precipitación total mensual Estación Botana 2005.

| MES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|-------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| P(mm) | 88.9 | 76.5 | 83.4 | 91.4 | 81.2 | 63.2 | 48.7 | 37 | 49.1 | 87.1 | 100.5 | 81.1 |

Fuente: IDEAM.

Anexo B. Precipitación Efectiva, Microcuenca Guachucal 2005

| MES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DOCIEMBRE |
|-----|-------|---------|-------|-------|------|------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Pe | 731 | 648 | 695 | 747 | 679 | 552 | 4396 | 343 | 443 | 719 | 803 | 679 |

Fuente: IDEAM

Anexo C. Temperaturas promedio mensuales Estación de Botana 2005

| MES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DOCIEMBRE |
|-------|-------|---------|-------|-------|------|------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| T(°C) | 123 | 125 | 125 | 128 | 128 | 122 | 116 | 117 | 122 | 126 | 125 | 124 |

Fuente: IDEAM.

Anexo D. Humedad Relativa en porcentaje promedio mensual estación de Botana 2005

| MES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DOCIEMBRE |
|-----|-------|---------|-------|-------|------|------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Hm | 79 | 79 | 80 | 79 | 79 | 77 | 76 | 74 | 74 | 77 | 81 | 81 |

Fuente: IDEAM.

Anexo E. Brillo Solar estación Botana 2005

| MES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DOCIEMBRE |
|--------------|-------|---------|-------|-------|------|------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| BRILLO SOLAR | 107 | 91.7 | 73.4 | 79.8 | 88.9 | 88.1 | 116.4 | 125.3 | 113.6 | 107.8 | 101.4 | 88.5 |

Brillo solar (h). Fuente: IDEAM

Anexo F. BALANCE HIDRICO CLIMATICO PROMEDIO (P=75%) PARA EL LAUREL DE CERA *Morella pubescens*

| | | | | | |
|------------|----------------|------------|----------------|--------------------|-----------|
| ESTACION: | 5205504 BOTANA | PROYECTO: | TESIS DE GRADO | Prof.radic media:. | 20 cm |
| LATI TU D: | 01 10N | DEPART: | Nariño | f.v.a.a: | 1,7 mm/cm |
| LONGITUD: | 77 16W | MUNICIPIO: | Pasto | Capacidad almac: | 34 mm |
| ELEVACION: | 2820 m.s.n.m | | | | |

| | ENERO | FEBRERO | MAR | ABR | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTIE | OCTUB | NOVIE | DICIEM | TOTAL |
|---------------------|-------|---------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| Días/mes | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | |
| Precip. (P75) (mm) | 48,0 | 37,1 | 52,1 | 60,2 | 52,8 | 44,5 | 38,7 | 26,5 | 28,2 | 48,6 | 55,2 | 49,2 | 541,1 |
| Prec.efect. (mm) | 43,2 | 33,4 | 46,9 | 54,2 | 47,5 | 40,1 | 34,8 | 23,9 | 25,4 | 43,7 | 49,7 | 44,3 | 487,0 |
| ETP (mm) | 59,8 | 58,3 | 57,2 | 56,1 | 56,0 | 56,7 | 52,5 | 69,5 | 70,3 | 71,0 | 61,7 | 61,0 | |
| Kc(Promedio) | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | |
| Uso cons.(mm) | 38,9 | 37,9 | 37,2 | 36,5 | 36,4 | 36,9 | 34,1 | 45,2 | 45,7 | 46,2 | 40,1 | 39,7 | 474,6 |
| Delta. | 9,0 | -4,5 | 9,7 | 17,7 | 11,1 | 3,2 | 0,7 | -21,3 | -20,3 | -2,4 | 9,6 | 4,6 | |
| Almacenamiento.(mm) | 9,0 | 0,0 | 9,7 | 17,7 | 11,1 | 3,2 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,6 | 4,6 | |
| Deficit (mm) | 0,0 | 4,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 21,3 | 20,3 | 2,4 | 0,0 | 0,0 | 48,6 |
| Excesos (mm) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Uso cons.(mm/dia) | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | |
| Riego (mm/dia) | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,7 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | |

ESTIMACION DE CAUDALES:

Mes con mayor Necesidad de Riego: febrero, agosto, septiembre y octubre.
 Necesidad neta de riego: (NRn) 0,41 mm/dia
 Necesidad bruta de riego: (NRb) 0,51 mm/dia
 Porcentaje de reposicion: (%R) 30,00 %
 Lamina neta de reposicion: (Ln) 10,20 mm
 Lamina bruta de reposicion: (Lb) 12,75 mm
 Frecuencia de Riego (FR): 25 dias
 Tiempo de Riego: (t)

NRb=NRn/.80
 Ln=CAP.AL.M.* %R/100
 Lb=Ln/.80
 FR=Ln/NRn

AREA DE RIEGO CONOCIDA:

Area: 0,8 Has.
 Jornada de Riego: 18 horas
 Caudal/Ha.: (Q) 0,08 Lt/Seg.Ha.
 Caudal Total: (Qt) 0,06 Lt/Seg.

Anexo G. PRECIPITACION 75 % DE PROBABILIDAD (mm) para un tiempo de retorno de 22 años

LATI TU D: 01 10N TIPO EST: AM DEPTO: NARIÑO
 LONGITUD: 77 16W ENTIDAD: 01 IDEAM MUNICIPIO: PASTO
 ELEVACION: 2820 m.s.n.m REGIONAL: 07 NARIÑO-CAUCA CORRIENTE: AY BOTANILLA

| n | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIEM | DICIE | %F |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|
| 1 | 367,6 | 217,3 | 129,1 | 168,9 | 184,5 | 108,1 | 69,6 | 79,8 | 128,8 | 175,6 | 191,6 | 204,3 | 4,3 |
| 2 | 140,4 | 182,8 | 117,3 | 159,9 | 149 | 105,6 | 65 | 58,4 | 79,3 | 144,9 | 137,7 | 133,9 | 8,7 |
| 3 | 130,6 | 104,4 | 116,2 | 143,5 | 113,1 | 90,7 | 61,2 | 56 | 74,1 | 127,3 | 132,9 | 105,4 | 13,0 |
| 4 | 122,8 | 91,1 | 115,5 | 135,4 | 112,2 | 79,1 | 58 | 47,1 | 71,4 | 127 | 131,5 | 100 | 17,4 |
| 5 | 108,2 | 90,2 | 114 | 124,5 | 98,8 | 75,2 | 57,5 | 45,5 | 59,9 | 118,4 | 129,1 | 99,3 | 21,7 |
| 6 | 108,1 | 83 | 110,1 | 107,8 | 97,6 | 72,7 | 56,4 | 45,4 | 58,5 | 110,5 | 126 | 90,4 | 26,1 |
| 7 | 82,9 | 71,2 | 103 | 102,7 | 92,7 | 71,8 | 53,9 | 43,7 | 54,7 | 98,5 | 116,3 | 84,7 | 30,4 |
| 8 | 77,1 | 69,3 | 88,3 | 97,2 | 87,3 | 69,2 | 53,2 | 39,5 | 48,4 | 97,2 | 111,8 | 83,1 | 34,8 |
| 9 | 75,2 | 68,5 | 84,3 | 87,7 | 79,8 | 68 | 47,4 | 39,1 | 48,1 | 95,2 | 111,4 | 77,1 | 39,1 |
| 10 | 71,5 | 61,2 | 82,8 | 86,6 | 78,1 | 66,4 | 47,2 | 37,3 | 47,7 | 94,3 | 96,2 | 76,3 | 43,5 |
| 11 | 69,9 | 61 | 82,6 | 86,5 | 71,3 | 64,6 | 47 | 34,2 | 38,4 | 82,8 | 88,1 | 68,7 | 47,8 |
| 12 | 68,8 | 59,2 | 74,3 | 79,5 | 70,2 | 64,2 | 47 | 30,1 | 37,4 | 74,9 | 86,3 | 67,9 | 52,2 |
| 13 | 64,8 | 50 | 71,1 | 76,4 | 70,1 | 64,1 | 46,7 | 29 | 37,1 | 67,9 | 84,9 | 61,7 | 56,5 |
| 14 | 60,6 | 50 | 70,4 | 74,3 | 62,3 | 56,2 | 44,5 | 28 | 31,7 | 66 | 79,1 | 58,2 | 60,9 |
| 15 | 57 | 46,7 | 69,9 | 72,6 | 58,1 | 49,2 | 42,2 | 27,3 | 30 | 59,2 | 77,7 | 57,7 | 65,2 |
| 16 | 52,1 | 42,4 | 64,9 | 69,9 | 57,6 | 46,9 | 41,7 | 27,2 | 29,6 | 56,4 | 65,6 | 54,8 | 69,6 |
| 17 | 48,9 | 37,6 | 52,7 | 65,3 | 53,5 | 44,9 | 38,9 | 27 | 29 | 50,7 | 57,1 | 51,3 | 73,9 |
| 18 | 45,4 | 35,6 | 50,4 | 44,8 | 50,5 | 43,3 | 38,1 | 25,1 | 25,9 | 42,4 | 49,6 | 42,9 | 78,3 |
| 19 | 27,1 | 18,8 | 46,6 | 42,9 | 48,4 | 29,8 | 32,7 | 16,6 | 14 | 26,1 | 45,3 | 40,6 | 82,6 |
| 20 | 27 | 12,5 | 37,3 | 42,2 | 37,3 | 21,7 | 32,3 | 10,3 | 0 | 24,9 | 25,5 | 0 | 87,0 |
| 21 | 9,8 | 0 | 0 | 0 | 20,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91,3 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95,7 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| PROMEDIO | 86,5 | 69,2 | 76,4 | 84,9 | 77,0 | 58,7 | 44,6 | 33,9 | 42,9 | 79,1 | 88,4 | 70,8 | |
| PREC 75 % | 48,0 | 37,1 | 52,1 | 60,2 | 52,8 | 44,5 | 38,7 | 26,5 | 28,2 | 48,6 | 55,2 | 49,2 | 75 |

Fuente: Esta Investigación.

Anexo H.. VALORES TOTALES MENSUALES DE EVAPORACION (mm) para 22 años

LATI TU D: 01 10N TIPO EST: AM ESTACION: 5205504 BOTANA
 LONGITUD: 77 16W ENTIDAD: 01 IDEAM DEPTO: NARIÑO
 ELEVACION: 2820 m.s.n.m REGIONAL: 07 NARIÑO-CAUCA MUNICIPIO: PASTO
 CORRIENTE: AY BOTANILLA

| ANO | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIEM | DICIE | VR ANUAL |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|----------|
| 1985 | 63,4 | 75,3 | 75,9 | 84,6 | 76,3 | 83,9 | 68,1 | 89 | 92,3 | 92,8 | 91,3 | 75,7 | 968,6 |
| 1986 | 65,5 | 67,3 | 51,4 | 73,3 | 82,1 | 69,8 | 85,6 | 91,8 | 85,2 | 77,3 | 75,5 | 78,8 | 903,6 |
| 1987 | 77,6 | 69 | 85,5 | 66,3 | 85,5 | 65,4 | 77,8 | 77 | 104,3 | 88,5 | 78,2 | 67,7 | 942,8 |
| 1988 | 80,9 | 68,9 | 77,5 | 59,9 | 73,2 | 76,5 | 79,3 | 93,7 | 86,3 | 77,7 | 70,4 | | 844,3 |
| 1989 | | | | | | 56,1 | 90,4 | 89,8 | 86,9 | 91,5 | 77,3 | 89,8 | 581,8 |
| 1990 | 91,2 | 61,1 | 59 | 65 | 69,9 | 71,5 | 92,4 | 95,5 | 101,4 | 93,1 | 76,8 | 65,5 | 942,4 |
| 1991 | 80,9 | 83,4 | 84,6 | 65,7 | 39,8 | | | | | | | | 354,4 |
| 1992 | | | | | | 74,8 | 50,6 | 80,3 | 77,5 | 77,4 | 91,2 | | 451,8 |
| 1993 | | 72,3 | 56,1 | 66,9 | 78,7 | 74,5 | 73,3 | 94 | 89,3 | | 64,1 | 79,7 | 748,9 |
| 1994 | | | 68,8 | 70,5 | 84,1 | 82,6 | 88,5 | 79,7 | | 86,7 | 81,5 | 77,4 | 719,8 |
| 1995 | 95,1 | 101,8 | 78,3 | 72,4 | 72,8 | 65,8 | 90,2 | 107,1 | | | 83 | 93 | 859,5 |
| 1996 | 48,8 | | | 87,7 | 79,8 | 81,3 | 86 | 79,4 | 105,8 | 102,9 | 94,4 | 78,8 | 844,9 |
| 1997 | 60,9 | 76,9 | 93,5 | 87,6 | 76,9 | 70,9 | 78,4 | 89,3 | 89,4 | 101,9 | 79,4 | 89,3 | 994,4 |
| 1998 | 89,1 | 87 | 70,4 | 75,3 | 81,2 | 70,9 | 72,5 | 76,4 | 100,6 | 82,3 | 74,1 | 78,9 | 958,7 |
| 1999 | 64,3 | 52 | 74,2 | 57,3 | 69,5 | 61,8 | 78,2 | 98,9 | 64,5 | 81,4 | 75,2 | 52,5 | 829,8 |
| 2000 | 63,5 | 78,2 | 63,2 | 61,5 | 61,1 | 64,8 | 77,4 | 64,6 | 87,2 | 88,2 | 87,3 | 83,1 | 880,1 |
| 2001 | 92,1 | 70,9 | 76,4 | 70,2 | 72,4 | 79,3 | 74,6 | 89,4 | 87,2 | 128,3 | 73,3 | 71,4 | 985,5 |
| 2002 | 77,6 | 70,2 | 78,7 | 69,2 | 61,4 | 73,1 | 77,1 | 75,7 | 89 | 106,3 | 58,9 | 88,3 | 925,5 |
| 2003 | 89 | 70,6 | 65,7 | 70,5 | 57,2 | 72,4 | 79,5 | 93,3 | 86,9 | 86,5 | 73,8 | 58 | 903,4 |
| 2004 | 85,8 | 84,9 | 71,1 | 67,3 | 67,3 | 52 | 59,8 | 85,2 | 75 | 68,8 | 60,5 | 68,7 | 846,4 |
| 2005 | 67,5 | 58,5 | 56,3 | 61,1 | 55,2 | 69,1 | 83,3 | 86,4 | 73,5 | 66,9 | 76,4 | | 754,2 |
| 2006 | 51,4 | 62,6 | | | | | | | | | | | 114 |
| MEDIOS | 74,7 | 72,8 | 71,5 | 70,1 | 70,8 | 70,8 | 78,2 | 86,8 | 87,9 | 88,8 | 77,1 | 76,3 | |
| MAXIMOS | 95,1 | 101,8 | 93,5 | 87,7 | 85,5 | 83,9 | 92,4 | 107,1 | 105,8 | 128,3 | 94,4 | 93 | |
| MINIMOS | 48,8 | 52 | 51,4 | 57,3 | 39,8 | 52 | 50,6 | 64,6 | 64,5 | 66,9 | 58,9 | 52,5 | |
| ETP mm/mes: | 59,8 | 58,3 | 57,2 | 56,1 | 56,6 | 56,7 | 62,5 | 69,5 | 70,3 | 71,0 | 61,7 | 61,0 | |

Fuente: Esta Investigación.