

* FRANCISCO TORRES M. *
LUCIO LEGARDA B. *
ALIRIO NARVAEZ F. ***

RESUMEN

La presente investigación se llevó a efecto con registros meteorológicos del Centro Regional de Investigación "Obonuco", ICA, Pasto, Nariño, Colombia.

La zona estudiada está localizada en el Altiplano de Pasto, situado entre los 2.500 y 2.800 m s n m, tiene una precipitación, temperatura y humedad relativa promedias de 815,4 mm, 13,1°C y 73%, respectivamente.

Se estudiaron las variables precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar, evaporación y balance hídrico. De la precipitación se analizaron tres aspectos tales como son promedio mensual y anual, número de días con precipitación y precipitación máxima 24 horas. Los registros fueron sometidos a un análisis estadístico en el cual se determinó desviaciones estándar, coeficiente de variación y amplitud media.

Los resultados indican una alta variación de la precipitación a través de todo el año, distinguiéndose dos épocas opuestas bien definidas como son Julio y Agosto a Octubre y Noviembre. La precipitación media mensual es de 67,8 mm y su distribución es mayor durante el segundo semestre.

* Resumen de Tesis de grado presentada por el primero como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

** Profesor Titular, Decano Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

*** Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

La temperatura no presenta mayor variación a través del año. El brillo solar está afectado por la alta nubosidad de la región. A los más importantes cultivos de la zona (papa, maíz y trigo) se les determinó el balance hídrico por el método del tanque de evaporación, encontrándose déficit de agua según sean sus épocas de siembra.

ABSTRACT

This research was carried out using meteorological measurements from Research Regional Center ICA Obonuco, Pasto, Nariño, Colombia.

The studied zone is located in Pasto Upland to 2,500-2.800 masl with average precipitation, temperature and relative moisture of 815,4 mm, 13,1°C and 73%, respectively.

Precipitation, temperature, relative moisture, sun shine, evaporation and hydric balance were studied for to analyze the precipitation were taken into account the monthly and annual average, number of days with precipitation and maximum precipitation in 24 hours. The dates were analyzed statistically to determine the standard deviation, variation coefficient and means amplitude.

The results show high variability in the quantity of precipitation at the year, two opposite and definite periods were detached; the months of July and August and October and November. The monthly means of the precipitation is 67,9 mm and the distribution is greater during second semester.

The temperature shows small variation at the year the sun shine is affected by the high cloudiness of the zone. The hydric balance was determined according to evaporation tank method and a water deficit was found according to the distribution of plantig epoch.

INTRODUCCION

El clima

El clima expresa la resultante de la interacción de nume

rosos elementos, tenidos en cuenta durante un tiempo considerable. En agricultura, los cambios atmosféricos permiten el planeamiento y desarrollo de actividades agrícolas. Estas variaciones y condiciones son las que caracterizan el clima de una determinada región o zona, la cual es afectada por diversos fenómenos tales como lluvia, temperatura, corrientes de aire y otros propios de tal región que en una u otra forma deciden el modo de vivir del hombre. (8, 14, 15).

Gulh (6) dice que las características geográficas que determinan el clima en Colombia son principalmente tres: la posición geostacionaria, la ubicación geográfica continental y el relieve y su extensión.

Precipitación

Ibarra (9) dice que el origen de las precipitaciones es la condensación del vapor de agua del aire, pasando por el estado intermedio de nubes que se sobresaturan debido al descenso de temperatura, llegando hasta un punto de congelación; entonces las partículas de agua que contiene el aire se van uniendo formando núcleos que van aumentando de volumen, hasta que la resistencia del aire es menor y por lo tanto descienden al suelo en forma de gotas de lluvia.

El ciclo anual de lluvias en Colombia está por su posición latitudinal, dependiendo de la circulación atmosférica planetaria, pero siendo a su vez modificados por factores regionales de topografía, ya sea por su forma y/o su extensión (6).

La precipitación es el más variable y quizá el más importante de los elementos del clima tropical, ya que su sola presencia o ausencia puede decidir y condicionar las medidas de explotación de una región (14).

Ibarra y Gómez (10), en un estudio sobre lluvias en Palmira (Valle, Colombia) encontraron que la mejor distribución de las lluvias se produce en el segundo semestre ya que se considera como más productivo que el primero, según la comprueba un mayor porcentaje de número de días con lluvia.

Umaña (18), en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño (Pasto, Colombia), encontró que los meses lluviosos son Noviembre y Octubre, y el más seco Mayo. También afirma que los meses con mayor número de días de lluvia son Junio y Julio, resultados que obtuvo al analizar la lluvia durante los años 1977 a 1978.

Ibarra (9) señala que la distribución de lluvias en Colombia es muy irregular debido a las condiciones geográficas de cada localidad como son latitud, latitud, vientos dominantes, el sistema hidrológico y el tapiz vegetal.

Según García (5), la lluvia disuelve ciertos elementos minerales que pueden ser absorbidos por las raíces. Un litro de agua de lluvia contiene en promedio 1,9 mg de nitrógeno amoniacal y 0,7 mg de nitrógeno nítrico. En regiones lluviosas tropicales ésta aporta hasta 30 kg de nitrógeno/h/año.

Temperatura

Temperatura es el efecto sensible del calor, por lo tanto se debe distinguir los dos conceptos. Calor es la energía que envía el sol cuya unidad es la caloría gramo, temperatura es la absorción o aprovechamiento de esta energía medida en °C (9).

Mejía (14) observa en Colombia un alta variación entre las temperaturas mínima y máxima; esta diferencia crece con la altitud y con la ausencia de nubes. Hay una mayor diferencia entre temperaturas extremas en verano cuando hay cielo despejado y baja humedad relativa que en invierno cuando hay cielo nublado y alta humedad relativa.

Según un estudio agroclimático realizado en la zona andina, la zona ecuatorial comprendida entre 5° de latitud Norte y 2° de latitud Sur, presenta mayor regularidad en la distribución de temperatura durante el año, quedando definida la temperatura media principalmente por la altitud (4).

En climas ecuatoriales las variaciones de temperatura en un sitio son mínimas ya que éstas se mantienen uniformes a lo largo de todo el año. La temperatura varía 5,5°C por

cada 1.000 m de diferencia altitudinal (1,2).

La temperatura del aire varía durante el día, debido a la inclinación de los rayos solares sobre el horizonte, los cuales cambian continuamente desde la salida hasta la puesta del sol (9).

La temperatura es factor fundamental para el desarrollo de las plantas; preside en éstas, todas las combinaciones y reacciones bioquímicas. El tipo de vegetación de una zona también es determinante por la temperatura pues se encuentra estrechamente relacionada con otros factores bioclimáticos (15).

Humedad relativa

Humedad relativa del aire es el porcentaje de vapor de agua contenido en el aire en un momento dado y a una temperatura dada, con relación a la cantidad de vapor de agua con que se saturaría el aire a esa misma temperatura (14).

Marcelo (12) dice que la humedad relativa no tiene ninguna relación latitudinal o altimétrica puesto que depende tanto del contenido del vapor de agua como de la temperatura del aire. Un calentamiento o enfriamiento y el cambio de masas de aire, influyen sobre la humedad relativa. Su ciclo diario es inverso al de la temperatura y su transcurso relativo diferencia las épocas secas y húmedas.

La variación anual de la humedad relativa depende de la situación geográfica de la localidad. El máximo de humedad relativa se presenta en los períodos de lluvia y el mínimo en los de sequía. Además no puede establecerse una ley de variación uniforme pues presenta un máximo de 100% tanto en regiones altas como en las bajas (9).

Brillo solar.

Brillo solar es la parte del espectro solar que incide directamente sobre la superficie del suelo sin interferencia de las nubes. La reflexión que presenta la tierra a la energía solar depende de la temperatura y naturaleza del suelo, el estado atmosférico, el vapor de agua, los vientos y el más importante, la nubosidad (9).

En zonas ecuatoriales la duración de la insolación varía poco en el transcurso del año, porque el día tiene como la noche doce horas, y en cuanto a la dirección, nunca se separa mucho de la vertical (1).

Evaporación

La evaporación es el proceso mediante el cual se produce el cambio de estado del agua de líquido a vapor. Cuando la evaporación es de superficie de terreno cubiertas con vegetación, se denomina evapotranspiración. La transpiración es el proceso en el cual el vapor de agua se desprende de las plantas a la atmósfera por medio de los estomas (4,6).

El cálculo de la evapotranspiración permite solucionar las necesidades de riego para cultivos, realizar balances hídricos mensuales, anuales y estacionales de cultivos, así como el diseño de sistemas de drenaje.

Colunge y Legarda (3) dicen que la evaporación aumenta al incrementarse la temperatura. Este factor es primordial en la mayoría de fórmulas para la estimación de la evapotranspiración.

Noe-Dobrea y Guzman (16) asegura que, en la zona tropical los meses de Octubre a Diciembre son los que menos evaporación presentan, mientras que Julio es el mes de mayor calor y mayor evaporación. Además, dice que los valores mínimos de evaporación están ubicados en partes altas de las cordilleras.

Colunge y Legarda (3) anotan que la temperatura y la humedad relativa son los factores que más inciden en el proceso de evaporación a nivel del trópico colombiano. La evaporación del agua, por estar directamente relacionada con la radiación solar y con la temperatura, es menos variable que la lluvia.

El conocimiento del balance hídrico permite la adecuada utilización del agua para consumo de las plantas. Esta utilización entraña problemas de abastecimiento tanto superficial como subterráneo; así mismo, el estudio de los excesos y déficit de agua condiciona las posibilidades de conducir con éxito un cultivo (13).

La evapotranspiración potencial es la cantidad teórica de agua, que podría ser cedida a la atmósfera, por la cobertura natural del área, si existiera agua suficiente, pero no excesiva, durante la estación de crecimiento. Tanto la evaporación como la transpiración dependen de la diferencia entre la tensión de saturación o humedad absoluta y la temperatura de la superficie del suelo u hojas y la tensión del vapor que lo rodea (8).

Cuando el suelo está suficientemente húmedo la evapotranspiración de una planta es principalmente una función de factores climáticos como temperatura, humedad relativa, radiación solar, insolación y velocidad del viento y depende muy poco de la fisiología de la planta. Estos factores experimentan una variabilidad menor que la lluvia y por lo tanto la variabilidad de la evapotranspiración potencial será muy baja (12, 14).

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó con datos meteorológicos obtenidos en el Centro Regional de Investigación "Obonuco" del ICA.

Los datos han sido tomados a partir de 1964 hasta 1980. Los registros de la estación presentan fallas de continuidad. Es así como los datos de punto de rocío, presión atmosférica, radiación, nubosidad, dirección y velocidad del viento, son muy escasos y no sirven para un estudio confiable, por lo tanto, no se incluyeron en el presente estudio.

Los registros que presentan continuidad corresponden a precipitación media, número de días con precipitación, precipitación máxima en 24 horas, temperatura media, temperatura extrema máxima y mínima, humedad relativa, evaporación y brillo solar que son las variables involucradas en el presente estudio. Mediante los promedios se realizaron gráficas de barras para cada una de las variables estudiadas.

Descripción de la zona de influencia climática de la Estación Meteorológica de Obonuco

El Altiplano de Pasto está situado al NE del Departamento de Nariño; su extensión aproximada es de 610 km², caracte-

rizándose por estar rodeado de importantes accidentes geográficos así: el NW se levanta el Volcán Galeras con 4.276 m, al NE el Morasurco y el Alto de los Monos con 3.600 m cada uno, al E el Páramo del Tábano con 3000 m y al SE Botana Alta y El Campanero con 3.800 m.

El Altiplano corresponde a altitudes comprendidas entre los 2.500 y 2.800 m s n m, desde donde empiezan las pendientes fuertes. Estos límites altitudinales se toman como referencias, ya que la parte más baja del Altiplano tiene la altura anotada, y en la parte alta se encuentran altitudes que no caracterizan el clima frío puesto que son zonas de subpáramo, páramo y superpáramo.

Descripción de la estación meteorológica

La Estación está situada en el Centro Regional de Investigación del ICA y su administración está a cargo de este Instituto y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT.

El Centro está ubicado al SW de la ciudad de Pasto, Departamento de Nariño, sobre las estribaciones del Volcán Galeras, a 2.728 m s n m; sus coordenadas son 1°13' de latitud Norte y 77°16' de longitud Oeste. Ecológicamente se encuentra localizada en la formación vegetal bosque seco montano bajo (bs-MB), según el sistema de Holdridge (7).

La estación meteorológica cuenta con el siguiente instrumental: anemómetro, anemocinemógrafo, casetas, termómetros de máxima y mínima, psicrómetro, termógrafo, hidrógrafo, actinógrafo, heliógrafo, pluviógrafo, pluviómetro, tanque de evaporación tipo A, piranómetro, geotermómetros a diferentes profundidades. La estación está funcionando desde 1954, pero la información no es completa.

Instrumentos de Registro de datos

Para medir la precipitación se usó un pluviómetro tipo "Hellmann" y un pluviógrafo. Para la temperatura se usaron termómetros de lectura directa y los termógrafos. La humedad relativa se midió con el psicrómetro que tiene dos termómetros, seco y húmedo. El brillo solar efectivo se

midió con el heliógrafo. La evaporación se midió en mm/m² utilizando el evaporímetro o tanque de evaporación tipo A.

En la estación del Centro Regional de Investigación "Obonuco" se efectuaron tres lecturas diarias de los instrumentos, las cuales se realizaron a las 7:00 a.m., 1:00 p.m., y 7:00 p.m., o sea a las 0, 7, 13 y 19 horas, respectivamente. Estos datos van consignados en un diario de observaciones meteorológicas diseñado para tal fin.

VARIABLES ANALIZADAS

Precipitación. Se analizaron tres aspectos de este elemento: precipitación media mensual y anual, número de días con precipitación y precipitación máxima en 24 horas.

Se clasificó al Altiplano de Pasto dentro de las franjas de humedad aplicando la relación: Evapotranspiración potencial/Precipitación multiplicada por la biotemperatura del lugar y por el factor 58,93. (7)

Temperatura. Se utilizaron datos de temperatura media mensual, temperatura máxima extrema y temperatura mínima extrema.

Humedad relativa. Se utilizaron datos de esta variable para su análisis a partir de 1954 hasta 1980.

Evaporación. Los datos de evaporación se analizan a partir de 1962, año en que se inició su registro.

Brillo solar. Los datos de brillo solar expresados en horas y décimos, están registrados a partir de 1961.

Balace hídrico. El balance hídrico se determinó para tres cultivos predominantes en la zona como son papa, trigo y cebada. Este se realizó a partir del método del tanque de evaporación, explicado por Martínez, Eraso y Legarda (13).

RESULTADOS Y DISCUSION

Precipitación

Colombia esta situada en la zona intertropical caracteri-

zada por la influencia de los vientos Alisios del NE y SE dando lugar a la zona de Calmas Ecuatoriales. En esta zona y debido a la inclinación del eje de la tierra sobre la eclíptica y al movimiento de traslación, cualquiera de sus puntos se expone de tal manera que los rayos del sol caen perpendicularmente dos veces por año originado dos épocas de lluvia y dos de sequía. De allí que el territorio colombiano se cubra de lluvias frecuentes en los meses de Marzo a Mayo y de Septiembre a Diciembre. Sin embargo, esta distribución puede ser modificada por factores climáticos específicos como barreras orográficas y vientos locales (6).

La precipitación media mensual en el Centro Regional de Investigación "Obonuco" es de 67,9 y un total anual de 815,4 mm. Estos datos difieren ligeramente de los obtenidos en 1975 en un estudio agroclimático realizado en Obonuco (4) los cuales fueron: promedio mensual 65,8 mm y total anual 790 mm. La razón de esta diferencia radica en el número de años analizados, pues en el estudio agroclimático de Obonuco fueron 20 años, mientras que en el presente estudio son 27 años.

En la Figura 1 se puede apreciar la variación de la precipitación a través de todo el año, durante 27 años comprendidos entre 1954 y 1980. Igualmente, se aprecian dos épocas bien definidas, las cuales son: Julio y Agosto y su opuesta Octubre-Noviembre.

Octubre es el mes que menos variación presenta respecto a la precipitación media mensual (37,68%) mientras que el mes de Enero es el que mayor variación presenta (68,02%).

El total anual de días con lluvia fluctúa entre un máximo de 258 días (en 1975) y un mínimo de 124 días en 1960; Septiembre con 11 y Agosto con 12 días son los meses que menor promedio tienen de días con lluvia al mes. Octubre, Noviembre y Diciembre son los de mayor número de días con lluvia al mes con un promedio de 17, 19 y 17 días, respectivamente.

El promedio de máxima precipitación en 24 horas corresponde al mes de Noviembre con 23,6 mm/día. El mes de Julio con solo 9,2 mm/día es el de menor promedio. Octu-

bre, Noviembre y Diciembre tienen una variación baja, lo que indica que las máximas precipitaciones en 24 horas durante estos meses es más regular. Además, coinciden con las máximas precipitaciones en 24 horas las cuales se observan durante estos mismos meses; en los meses de Julio y Agosto estos valores son los mínimos.

El volumen de las lluvias es mayor en el segundo semestre del año, correspondiendo el 52,36% del total anual. También en este semestre se presenta un mayor número de días con lluvia aunque la diferencia no es muy marcada; el primer semestre registra 88 días con lluvia, mientras que el segundo semestre tiene 89 días.

La distribución anual de lluvias en el Altiplano de Pasto no es uniforme y su variación a través de los años es amplia. Es posible que con un mayor volumen de registros se presenten ciclos de estos períodos.

Una precipitación de 1.153 mm, que es la máxima durante los 27 años es probable que ocurra cada 28 años con una frecuencia muy baja de solo 3,5% una precipitación de 538,3 mm, que corresponde a la más baja durante el mismo período, podría ocurrir cada año con una frecuencia de 96,43%. Una precipitación de 815,4 mm, que corresponde al promedio total anual, es posible que ocurra cada 2,3 años con una frecuencia de 42,85%.

Temperatura

La temperatura promedio anual en Pasto es de 13,1°C. A través del año no presentará mayor variación si aplicamos el concepto de amplitud. Esta tiene un valor de 1,8°C que es la diferencia entre la máxima temperatura promedio de 13,6 en Mayo (mes más caliente) y la mínima temperatura promedio de 12,8°C en Julio y Agosto (meses más fríos) (Figura 2). La amplitud es mínima si se compara con lugares de mayor latitud, ubicados en zonas templadas del planeta. Así mientras en las zonas latitudinales alejadas del Ecuador la temperatura está determinada por las estaciones de invierno o verano, en esta zona de la región intertropical la temperatura está gobernada principalmente por la altitud, siendo su variación aproximada de 0,55°C por cada 100 m (4, 9, 14).

La oscilación de temperaturas máxima y mínima mensual está entre la máxima de 23,9°C en Diciembre de 1972 y una máxima de 1,0°C en Febrero de 1970, presentando una amplitud de 22,9°C. A diferencia de la temperatura media las temperaturas extremas máximas y mínimas se refieren a las que se obtienen durante las horas de mayor calor durante el día entre 1 y 2 p.m. (Máxima) y a la registrada generalmente entre las 4 y 5 a.m. (mínima), a causa de la constante pérdida de calor en la tierra por radiación durante la noche.

La evolución de la temperatura del aire en el transcurso del día es muy variable y tiene como causas: la altitud, la nubosidad, la precipitación, la humedad del aire, el suelo con su vegetación, la topografía y los vientos. En los microclimas, las variaciones de temperatura durante el día son producidas principalmente por las variaciones de la temperatura del suelo, pero a medida que ascienden en la atmósfera, la influencia del suelo disminuye.

Humedad relativa

El promedio anual de humedad relativa para la zona de estudio es de 73%. El coeficiente de variación para Marzo es de 4,21% y para Septiembre de 9,18%, indicando los meses de menor y mayor variación, respectivamente.

En la Figura 3 se aprecian los valores de humedad relativa para cada mes. Los meses de escasa precipitación (Julio, Agosto y Septiembre) presentan un promedio de 77%; Coinciden estos datos con los períodos seco y húmedo para el primer y segundo caso, respectivamente. Esta situación se explica por el hecho de que en período seco el cielo permanece despejado por lo tanto la radiación solar que cae en forma directa sobre el suelo acelera la energía cinética de las moléculas de agua admitiendo mayor cantidad de líquidos por unidad de volumen. Al contrario, en el período lluvioso el cielo se cubre de nubes disminuyendo el calentamiento de la atmósfera a nivel del suelo, y saturando con más facilidad la atmósfera baja.

Mejía (14) concuerda con lo descrito al afirmar que la humedad relativa está relacionada con la temperatura. En época seca, cuando el cielo está despejado se presentan valores bajos, mientras que en época húmeda cuando hay

cielo nublado, los valores son altos.

Durante el día se registra una notable variación de la humedad relativa, tanto en época seca como húmeda. El incremento de la humedad ambiental en esta zona en horas nocturnas, parece que está afectado notablemente por la variedad de vientos del SW que provienen de la Costa Pacífica saturados de humedad y la disminución de la temperatura con respecto al día (12).

Brillo solar

En la zona de estudio el total anual es de 1.144 horas de brillo solar efectivo. Este valor es bajo si se compara con el de otras zonas del país como la región de la Guajira (3.000 horas/año). Las horas de brillo solar efectivo anual en esta zona son bajas debido a la presencia de nubes viajeras impulsadas por los vientos dominantes que vienen del Amazonas en dirección SE o las del Pacífico en dirección NW sin que lleguen a descargar su contenido en el Altiplano.

El promedio mensual de brillo solar efectivo es de 95,4 horas. En la Figura 4 se observan los valores para cada mes; Agosto tiene el mayor promedio con 107,4 horas, por ser éste uno de los meses de la época seca donde la escasa precipitación motiva poca nubosidad.

Marzo con 79 horas presenta el menor promedio de brillo solar efectivo cuya causa posible reside en la época de equinoccio (21 de Marzo) donde los rayos del sol caen perpendicularmente sobre la línea ecuatorial haciendo posible una mayor evaporación del Océano Pacífico y su consecuente nubosidad sobre toda la región suroccidental del país. De allí que Marzo y Abril presentan los valores mínimos de brillo efectivo durante el primer semestre. El mismo análisis es válido para el segundo equinoccio del año (21 de Septiembre), donde Octubre y Noviembre presentan valores bajos de brillo solar efectivo.

El valor más alto en el coeficiente de variación en Enero (29,168), es el resultado de registros irregulares de brillo efectivo, consecuencia directa de una nubosidad bastante irregular durante el mismo mes. Julio presenta el

menor coeficiente de variación (10,44%) debido a una nubosidad más regular durante este mes.

Características del clima del Altiplano de Pasto

Se puede asumir, que el Altiplano de Pasto comprende los terrenos situados entre los 2.500 y 2.800 m s n m con una superficie aproximada de 610 km². Como la estación meteorológica se encuentra a 2.728 m de altitud, los valores de los factores climáticos varían en la parte baja donde se encuentra la ciudad y la zona suburbana. Así, por ejemplo, la temperatura subiría de 13,1°C, que es la temperatura de la estación, a 14,35°C que sería la de la parte más baja del Altiplano, teniendo en cuenta la fluctuación de 1°C por cada 181 m de altitud en la zona tropical.

Las mismas consideraciones pueden hacerse para la precipitación. En este caso, la precipitación promedio anual de 815,4 mm medida en la estación no es la verdadera para la parte baja del Altiplano, pues la precipitación varía tanto con la altitud como con la disposición de las vertientes o planos al viento y a la presencia o ausencia de masas forestales.

Al considerar los registros de precipitación y temperatura en el Centro Regional de Investigación "Obonuco" y aplicar el Índice de Aridez de Martone, se obtiene un valor de 34,7, cifra que coloca la zona pedológica del Altiplano en un clima cercano al subhúmedo.

En igual sentido y aplicando las formulaciones de Holdridge (8) se tiene una cifra de 0,946 para la relación evapotranspiración potencial-precipitación, relación que marca una línea cercana a la unidad en el diagrama de las Zonas de Vida. El guarismo mencionado permite ubicar el Altiplano de Pasto dentro de la provincia húmeda en transición a la subhúmeda puesto que climas con valores mayores a 1 son subhúmedos y menores de esa cifra, húmedos. El valor de la relación obtenida indica un clima óptimo, apto para el desarrollo de suelos fértiles, con vegetación y fauna abundante propio para la evolución adecuada de núcleos humanos.

Aquí es pertinente anotar sobre el significado de los

promedios en esta parte de la zona tropical, pues tomados sin ningún análisis se situaría en un clima estático. Sin embargo, es necesario precisar que los factores que componen y rigen el clima son cambiantes, dinámicos, hasta el punto de formar períodos secos o húmedos, fríos o calurosos, en diversos grados, con una irregularidad en donde los ciclos y las cantidades son, hasta cierto punto, imposibles de predecir. De allí que las clasificaciones ya discutidas sean también clasificaciones promedias, alrededor de las cuales, y dentro de un período de años, considerado, se mueve el clima.

Según el sistema de Holdridge (8), la zona de vida en que se ubica el Altiplano de Pasto tiene rangos de precipitación comprendidos entre los 500 y 1.000 mm, biotemperaturas entre los 12 y 18°C y altitudes de 2.000 a 3.000 m. Si se tiene en cuenta, que para el Altiplano la mínima y máxima precipitación promedia en 27 años es de 538,3 mm y 1.153 mm respectivamente, y la temperatura promedia anual es de 13,1°, que en este caso coincide con la biotemperatura por no tener valores mayores de 30 ni menores de 0°, entonces los factores climáticos muestran valores apropiados para enmarcar el Altiplano de Pasto dentro de la significación bosque seco y por su altitud (2.500 a 2.800 m), en la faja Montano bajo. El símbolo completo deberá ser, bosque seco montano bajo (bs-MB), símbolo que debe interpretarse como un equivalente climático.

Balace hídrico

Una aplicación práctica del análisis del clima en un período determinado de tiempo, es su relación con las épocas de siembra y cosecha de los cultivos.

En el Altiplano de Pasto los cultivos de papa, maíz y trigo son los más importantes, de allí que en el presente trabajo se consideren ejemplos para hacer algunas consideraciones sobre balance hídrico.

Los resultantes del balance hídrico realizados mediante excesos y déficit de agua durante los doce meses del año en cultivos de papa, maíz y trigos permiten apreciar el comportamiento de la precipitación con respecto a la evapotranspiración potencial (ETP) correspondiente a cada

cultivo. Se obtiene de esta diferencia un exceso de agua motivado por la época húmeda y un déficit de agua influenciado directamente por la época seca.

Relacionando las épocas de siembra del cultivo de la papa en la zona de estudio, para la siembra principal que se realiza en la segunda quincena de Enero y primera quincena de Febrero, para cosechar aproximadamente en Agosto según la variedad, se obtiene un déficit de agua así: Mayo, Julio y Agosto con un total de 68,9 mm.

El cultivo de trigo presenta un déficit de agua en los meses de Julio y Agosto con un total de 21,7 mm. Teniendo en cuenta la siembra principal para esta zona, la cual se realiza en la primera semana de Marzo, para cosechar a finales de Julio o primeros días de Agosto, el cultivo tiene su época crítica durante el mes de Julio con un déficit de 9,1 mm.

Para la siembra de mitaca, que se efectúa durante la última semana de Agosto y primera de Septiembre, para cosechar en los últimos días de Enero o primero de Febrero, el cultivo no tiene problemas por deficiencias hídricas durante el tiempo que dure el ciclo vegetativo.

Con respecto al cultivo de maíz, la época de siembra en esta zona se efectúa durante el período lluvioso comprendido entre Septiembre y Diciembre y teniendo en cuenta que el período vegetativo del cultivo es aproximadamente entre 9 y 10 meses según la variedad, se hacen las siguientes consideraciones teniendo en cuenta la Figura 5: si la siembra se realiza en la segunda semana de Septiembre, el déficit de agua se presenta durante la primera quincena de Enero y los meses de Mayo y Junio con un total de 13 mm; si la siembra se efectúa en Diciembre el déficit será mayor, observado durante las primeras quincenas de Enero, Mayo, Junio, Julio, Agosto y los primeros días de Septiembre, con un total de 115 mm, o sea $1.150 \text{ m}^3/\text{ha}$.

CONCLUSIONES

1. Durante el período 1954-1980 la precipitación promedio mensual fue de 67,9 mm y la total anual

de 815,4 mm. La fluctuación total anual del número de días con precipitación está entre un máximo de 258 días/año (1975) y un mínimo de 124 días/año (1960). El segundo semestre del año presenta una mayor distribución de la precipitación, con 52,36% del total anual.

2. Una precipitación de 1.153 mm que corresponde a la máxima caída durante el período 1954-1980, puede ocurrir cada 28 años con una frecuencia de 3,57%. Las precipitaciones que caigan cada año pueden ser iguales o superiores a los 538,3 mm (mínima) con una frecuencia de 96,43%.
3. La temperatura promedio mensual permanece casi constante (13,6°C-12,8°C); lo mismo ocurre a través de los años (13,7°C-11,8°C).
4. Las variaciones de humedad relativa están sujetas a cambios de temperatura y nubosidad. El promedio anual es de 73%, observándose un considerable aumento de este valor en horas nocturnas.
5. Las horas de brillo solar efectivo dependen directamente de la baja o alta nubosidad. Los valores de brillo solar efectivo en el Altiplano de Pasto, se consideran bajos.
6. El déficit de agua a que está sometido el cultivo de papa, depende de la época en que se realice su siembra. Para la siembra principal el déficit es de 68,9 mm y para la siembra de mitaca el déficit es de 89,5 mm. El cultivo de maíz tendrá un déficit de agua de 13,3 mm durante su período vegetativo, si la siembra se efectúa en la segunda semana de Septiembre. Si la siembra se realiza en Diciembre el déficit será de 115,3 mm. El cultivo de trigo tiene déficit de agua de 9,1 mm durante su ciclo vegetativo para la siembra principal. Para la siembra de mitaca el cultivo no sufre por déficit de agua.
7. En forma estricta los registros obtenidos en el Centro Regional de Investigación "Obonuco", únicamente sirven para caracterizar climas de la misma altitud e igual disposición a vientos, brillo solar y humedad. Sin embargo, debido a la falta de estaciones meteorológicas se hacen extensivos estos datos a todo el Altiplano de Pasto.

BIBLIOGRAFIA

1. BOURKE, A. Los objetivos y métodos de la agrometeorología. Bogotá, HIMAT, 1970. 3 p. (Mimeografiado)
2. COLOMBIA . SERVICIO COLOMBIANO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Medio ambiente de la producción de cultivos tropicales. Bogotá, Edit. SCMH, 1970. 17 p.
3. COLUNGE, J. y LEGARDA, L. Estudio comparativo entre la evaporación calculada por varias fórmulas y la evaporación medida en algunas regiones de Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) 9: 92-115, 1985.
4. FRERE, M., et. al. Estudio agroclimático de la zona andina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, FAO, 1975. 365 p.
5. GARCIA, L. La lluvia y los cultivos. Tierra (México) 20(9): 750-751. 1965.
6. GUHL, E. La lluvia en el clima de los andes ecuatoriales húmedos de Colombia. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1974. pp. 15-40.
7. HIMAT, Instituto Colombiano de Hidrología, meteorología y adecuación de tierras. Boletín de datos climáticos. Sección Archivo. Bogotá, 1980.
8. HÖLDRIDGE, L. Ecología. San José, Costa Rica, IICA, 1979. 216 p.
9. IBARRA, A. Conferencias de meteorología y climatología Palmira, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 1967. 37 p.
10. IBARRA, A. y GOMEZ, J. Algunas implicaciones agronómicas de las lluvias en Palmira, Revista ICA (Colombia) 2(4): 37. 1967.
11. LEGARDA, L. y FORSYTHE, W. Estudio comparativo entre la evaporación calculada por varias fórmulas y la

evaporación del tanque, medida en tres lugares tropicales. Turrialba (Costa Rica) 22: 282-292. 1972.

- 12 MARCELLO, J. Contribución al conocimiento de la dinámica del clima de la Isla de Santo Domingo. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 166 p.
- 13 MARTINEZ, A., ERASO, G. y LEGARDA L. Determinación hídrico en caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L.) en suelos de Consacá, Nariño, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) 6(1): 76-87. 1974.
14. MEJIA, M. G. El clima. Medellín, Secretaría de Agricultura de Antioquia. 1967. 55 p.
15. MILLER, A. Climatología. Barcelona, Omega, S.A., 1957. 250 p.
16. NOE-DOBREA, I. y GUZMAN, O. Estudios sobre la evaporación media desde la superficie del agua en Colombia. Bogotá, HIMAT, 1977. 65 p. (Publicación Nº 38).
17. PEÑA, O. Algunas características de la precipitación en Palmira. Cali, CIAT, 1977. 25 p.
18. UMAÑA, L. Fluctuaciones de la precipitación pluvial y la temperatura en la Granja Experimental de Botana, durante dos años (1976-1977). Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1977. 17 p.

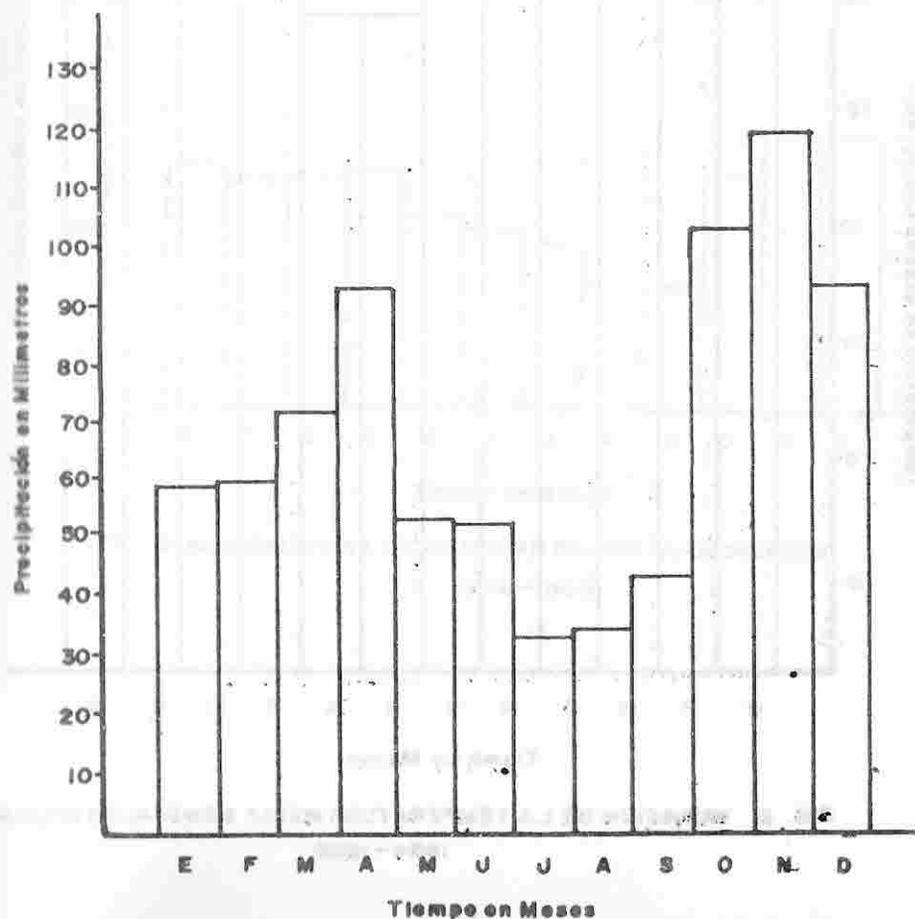


FIG. 1 VARIACION DE LA PRECIPITACION EN OBONUCO. 1954-1980