

01060
let.
3

EL CICLO DEL AGUA, COMPORTAMIENTO Y TENDENCIAS
AL SUR DEL VALLE DE MEXICO.

JAIME MARQUEZ HUITZIL.



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
ESTUDIOS SUPERIORES

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN GEO-
GRAFIA. (PLANEACION)

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO, FACULTAD DE
FILOSOFIA Y LETRAS, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONO-
MA DE MEXICO.

TESIS CON
BARRA DE ORIGEN

AGOSTO DE 1986.



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

	CONTENIDO	I
	NOTA	III
	INTRODUCCION	1
I	EL CICLO DEL AGUA	3
	EL CICLO HIDROLÓGICO Y SU EVOLUCIÓN	6
	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL CICLO HIDROLÓGICO	7
	ALTERACIONES DEL CICLO DEL AGUA A ESCALA PLANTARIA	8
	ALTERACIONES REGIONALES	10
	FASES DEL CICLO DEL AGUA	10
	EVAPORACIÓN	11
	PRECIPITACIÓN	12
	ESCURRIMIENTO Y ALMACENAMIENTO	14
	LA INFILTRACIÓN	14
II	REGIMEN HIDROLOGICO	16
	RELACIÓN REGIMEN HIDROLÓGICO Y PRECIPITACIÓN	17
	RELACIÓN REGIMEN HIDROLÓGICO Y EVAPORACIÓN	17
	RELACIÓN REGIMEN HIDROLÓGICO E INFILTRACIÓN	18
III	EL REGIMEN HIDROLOGICO Y EL CICLO DEL AGUA. - CUENCA MAGDALENA-ESLAVA	18
	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS	20
	TEMPERATURA	20
	PRECIPITACIÓN	21
	EVAPORACIÓN	22
	MARCHA ANUAL DE LOS FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS - DENTRO DE LA CUENCA	22
	TEMPERATURA	23
	PRECIPITACIÓN	23
	EVAPORACIÓN	24
	MARCHA DEL ESCURRIMIENTO ANUAL	24

	TENDENCIA DE LOS ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS	25
	TEMPERATURA	26
	TEMPERATURA MEDIA	26
	TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA	26
	PRECIPITACIÓN MEDIA	26
	PRECIPITACIÓN MEDIA	26
	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS	27
	EVAPORACIÓN MEDIA ANUAL	27
	TENDENCIA DEL ESCURRIMIENTO	28
IV	BALANCE HIDROLOGICO GENERAL DE LACUENCA, 1951-65; 1951-81; 1966-81	28
V	CONCLUSIONES	30
VI	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	32
VII	FIGURAS.....	34

INTRODUCCION

EL AGUA PUEDE SER CONSIDERADA COMO UN RECURSO NATURAL RENOVABLE PUESTO QUE EL CICLO QUE LA RENUEVA ES PERMANENTE, SIN EMBARGO TAMBIEN PODEMOS CONSIDERARLA NO RENOVABLE DADO QUE ESTE CICLO NO ES UNIFORME Y DIA CON DIA SE VE MAS ALTERADO POR INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD HUMANA Y LA FORMA EN QUE ESTAS MODIFICAN LAS CONDICIONES NATURALES DE LAS QUE DEPENDE AQUEL. DE AHI QUE PAREZCA INTERESANTE EL CONOCER EN QUE FORMA Y EN QUE MEDIDA EL CICLO DEL AGUA VA CAMBIANDO EN NUESTRO ENTORNO, EN NUESTRO ESPACIO INMEDIATO; ESPACIO QUE CONTINUAMENTE ES DISTINTO, POR LO TANTO CAPAZ DE MODIFICAR LO QUE NATURALMENTE SE CUENTA EN EL.

SE HA SUPUESTO EN ESTA INVESTIGACION LA CIUDAD DE MEXICO, COMO UN GRAN AMBIENTE URBANO QUE ALTERA EL ESPACIO INMEDIATO, AUN CUANDO ESTE MANTIENE CASI TOTALMENTE SUS CONDICIONES NATURALES Y, PARTICULARMENTE EL COMPORTAMIENTO NATURAL DEL CICLO HIDROLOGICO, YA QUE AL AUMENTAR LA TEMPERATURA MEDIA SOBRE LA MANCHA URBANA LAS ZONAS ALDEANAS ALTERAN SU EVAPOTRANSPIRACION Y VOLUMEN DE PRECIPITACIONES, CONDUCIENDO ELLO A UNA PAULATINA DISMINUCION DEL ESGURRIMIENTO Y DEL CAUDAL HIDRICO DISPONIBLE. EL PROPOSITO DE ESTE PROYECTO ES CONOCER LA INFLUENCIA HUMANA SOBRE EL AMBIENTE NATURAL, POR ELLO ES ELIDIDA LA CUENCA DEL MAGDALENA-ESLAVA, QUE ESTA INMEDIATA A LA CIUDAD, SU NATURALCZA ESTA POCO ALTERADA Y SU LOCALIZACION, AL SUR DEL VALLE DE MEXICO, Y PROPOSIAMENTE EN LA SIERRA, PERMITE DELIMITAR UN CICLO HIDRICO CON BASTANTE APROXIMACION.

LO QUE SE TRATA DE DESCUBRIR CONCRETAMENTE, A TRAVES DE ESTA INVESTIGACION ES EN QUE MEDIDA EL CICLO DEL AGUA, EN UNA CUENCA, SE VE ALTERADO POR UN ESPACIO URBANO VECINO DE GRANDES PROPOCIONES, ASI COMO EL POCO ESPECIFICO QUE LOS ELEMENTOS CLIMATICOS JUEGAN AL INFLUIR EN SU COMPORTAMIENTO.

PARA ELLO SE ESTUDIA UNA CUENCA PARTICULAR, DE CONDICIONES LO MAS NATURALES POSIBLE; LUEGO EL COMPORTAMIENTO A LO LARGO DE LOS AÑOS QUE EN ELLA REGISTRAN LA TEMPERATURA MEDIA, LA TEMPERATURA MAXIMA Y LA MINIMA Y LA PRECIPITACION, ANALIZADOS POR METODOS ESTADISTICOS QUE INDIQUEN COMPORTAMIENTOS MEDIDOS Y TENDENCIAS, QUE AL COMPARARLOS CON LOS COMPORTAMIENTOS DEL REGIMEN Y DEL BALANCE HIDRICO EN EL MISMO LAPSO DE TAL SUERTE QUE SE PUERAN RELACIONAR Y DENTRARAR LA DEPENDENCIA MUTUA QUE EXISTA ENTRE AMBOS. LOS DATOS DE QUE SE DISPUSO SON REGISTRADOS DE PERIODICIDAD MENSUAL. LAS CONDICIONES NATURALES SE RECONOCEN POR MEDIO DE LA CARTOGRAFIA DISPONIBLE DE INEGI Y RECORRIDOS DE CAMPO PARTICULARMENTE EN AQUELLAS PARTES DE MAYOR INTERES O DUDA, LA INFORMACION DE EVAPOTRANSPIRACION REAL SE OBTIENE POR LA FORMULA DE THORNTHWAYE QUE ES DE MAYOR UTILIDAD DADO EL TIPO DE DATOS DISPONIBLES, HAY ASIMISMO ALGUNOS DATOS DE EVAPORACION POTENCIAL REGISTRADOS PARA ALGUNAS DE LAS ESTACIONES Y DATOS TAMBIEN DE PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS, SON VICIENTES E INTERESANTES NO SOLO PARA ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS LLUVIAS SINO TAMBIEN EL ASPECTO CUALITATIVO DE LAS MISMAS.

EL PROCEDIMIENTO DE DATOS ESTADÍSTICAMENTE NO PERMITÍA UNA VISIÓN ESPACIAL DEL PROBLEMA, POR LO QUE SE CONSTRUYERON MAPAS EN LOS CUALES SE VACIABA ESTA INFORMACIÓN, DE TAL MANERA QUE SE PUDIERA ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DEL FENÓMENO; EN ESTA CARTOGRAFÍA SE TRAZÓ LA INFORMACIÓN CON ISOLÍNEAS QUE PERMITIRÁN CIERTA EXTRAPOLACIÓN DE LOS DATOS CONOCIDOS Y ANÁLISIS CON MAYOR DETALLE, TAMBIÉN FUERON ÚTILES PARA ELLO LAS ESTACIONES NO SÓLO INTERNAS SINO COLINDANTES A LA CUENCA, PARA TRATAR DE DELIMITAR DE MANERA MÁS AMPLIA EL COMPORTAMIENTO ATMOSFÉRICO DE LOS FENÓMENOS, PUES ESTE NO SE CIRCUNSCRIBE A LA LÍNEA DE PARTEAGUA.

AL FINAL SE ENCONTRARON RESULTADOS MUY INTERESANTES Y MUCHAS PUNTAS DE MADREJA QUE PERMITIRÁN ANONAR EN EL CONOCIMIENTO, AÚN PREGUNTAS DE LA RELACIÓN ENTRE EL CICLO DEL AGUA Y EL COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS.

EN PRIMER LUGAR EL MARCO TEÓRICO TAN AMPLIO AYUDÓ A SITUAR EL FENÓMENO DENTRO DE UNA PERSPECTIVA CLARA, YA QUE UNA CUENCA COMO LA ANALIZADA ESTÁ INFLUENCIADA POR EL COMPORTAMIENTO DE LOS VIENTOS DE VERANO MÁS QUE POR LA TEMPERATURA DE LA GIGANTESCA CIUDAD VECINA. ASIMISMO RESULTA QUE UN MÍNIMO CAMBIO EN EL CICLO ATMOSFÉRICO PLANETARIO INCREMENTA SU REPERCUSIÓN EN RELACIÓN INVERSA AL TAMAÑO DE LA CUENCA.

DEL ANÁLISIS ESPACIAL RESULTA QUE EL RELIEVE MANTIENE ESTANCO A LOS ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS, IMPIDIENDO EL QUE ÉSTOS PUDIERAN INVADIR O INFLUIR MÁS EN LA PERIFERIA O AL CONTRARIO, QUE ÉSTA INFLUYERA EN AQUELLOS.

FINALMENTE, DEL ANÁLISIS DE LOS BALANZES HÍDRICOS RESULTÓ QUE EL VOLUMEN ESCURRIDO PUEDE SER INCREMENTADO HASTA EN UN 50% Y ADEMÁS REGULARS, DISMINUYENDO SU RANGO DE DISPERSIÓN HASTA UN 30%, SI SE EXTIENDE LA CUBIERTA VEGETAL NATURAL DE LA CUENCA.

DOS ASPECTOS A ESTUDIAR SE HAN VISTO INTERESANTES: POR UN LADO LA RELACIÓN QUE EN TODO EL LAPSO PRESENTA LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y LA DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA QUE UN FENÓMENO CUALQUIERA DESARROLLA EN SU ENTORNO.

1.- EL CICLO DEL AGUA.

1.- EL CICLO HIDROLÓGICO.

EL AGUA EN LA SUPERFICIE DEL PLANETA ESTÁ EN MOVIMIENTO PERMANENTE, OBEDECIENDO A REGLAS PATRONES PRECISOS; NO CADE EN ELLO LA ANARQUÍA. SE PUEDE OBSERVAR DESECARSE UN CHARCO, O DESAPARECER EL SUDOR DEL CUERPO, MIENTRAS QUE, POR OTRO LADO, LA LLUVIA O LAS NUBES HACEN DESOCHOER LA TEMPERATURA. TODOS ESTOS FENÓMENOS, TAN DISTINTOS ENTRE SÍ, FORMAN PARTE DE UN PROCESO CONTINUO, EN EL QUE EL ELEMENTO PRINCIPAL ES EL AGUA.

EL HOMBRE SE HA PREGUNTADO: "¿PORQUÉ LOS RÍOS QUE BAJAN DE -- LAS MONTAÑAS NO SE AGOTAN; ES QUE SON INFINITAS LAS MONTAÑAS?, PORQUÉ -- NO SUBE EL NIVEL DEL MAR, SIENDO QUE EN ÉL PENETRAN TANTAS CORRIENTES -- DE AGUA?, ¿ES INFINITO EL MAR?, ¿CÓMO PERSISTEN, DURANTE MILES DE AÑOS-- LOS BOSQUES, SI NO TIENEN QUIÉN GUIBE DE ELLOS? "

ARISTÓTELES FUE EL PRIMERO EN DAR RESPUESTA SABIA A ÉSTAS PREGUNTAS: "EL AGUA DE LA NATURALEZA SE ENCUENTRA EN UN CICLO QUE LA LLEVA DE LOS MARES A LOS CONTINENTES Y DE REGRESO". 2 OTROS, SIN EMBARGO, -- SIGUIERON PENSANDO EN ELLO, PERO LO RESPONDIERON NASTA MUCHO TIEMPO --- DESPUÉS, COMO LO DEMUESTRAN LOS ESTUDIOS DE BOYLE, HALLEY Y LAVOISIER, -- QUIENES A SU VEZ SE PLANTEABAN NUEVAS Y MÁS COMPLEJAS PREGUNTAS; AÚN -- HOY, AUNQUE NO SE DUDA DE LA EXISTENCIA DEL CICLO DEL AGUA, SE DESCONOCEN ALGUNOS DE SUS MECANISMOS Y OTROS NO SON ENTENDIBLES EN SU TOTALI-- DAD.

EL CICLO COMIENZA EN EL MAR, EN LOS OCEANOS, DONDE LA RADIA-- GIÓN SOLAR DA LUGAR A LA EVAPORACIÓN, AHÍ EL AGUA SUPERFICIAL PASA AL -- ESTADO GASEOSO INTEGRÁNDOSE A LA ATMÓSFERA, ÉSTE FENÓMENO NO OCURRE --- SÓLO EN LOS OCEANOS, SINO EN CUALQUIER SUPERFICIE LÍQUIDA: LAGOS, RÍOS, MANANTIALES, PANTANOS, VASOS DE PRESAS Y NASTA EN LAS SUPERFICIES HELADAS, POR SUBLIMACIÓN DIRECTAMENTE DEL SUELO. UNA VEZ QUE EL AGUA SE HA-- EVAPORADO, CONSTITUYE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA, POR SU PROPIA CONSTITU-- CIÓN LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA, POR SU PROPIA CONSTITUCIÓN Y POR DIFEREN-- CIA DE TEMPERATURA CON EL AIRE, TIENDE A ELEVARSE MÁS NASTA QUE SE CON-- DENSA EN LAS PEQUEÑAS PARTICULAS Y, CUANDO LA TEMPERATURA ES MUY BAJA, -- CRISTALES DE HIELO, DANDO LUGAR EN AÑOS CARGOS A LA NUBOSIDAD. BAJO --- CUALQUIERA DE ESTAS FORMAS EL AGUA ES EMPUJADA POR EL VIENTO, DESPLAZÁN-- DOSE NASTA LOS CONTINENTES, DONDE PUEDE PRECIPITAR. LA PRECIPITACIÓN -- OCURRE DEBIDO A LA SUBALSCENCIA, ÉSTA DA LUGAR AL CRECIMIENTO DE LAS -- GOTAS, NASTA ALCANZAR UN TAMAÑO SUFFICIENTE PARA SER ATRÁIDAS POR LA GRA-- VEDAD. LA PRECIPITACIÓN PUEDE SER DE DISTINTAS FORMAS: LLUVIA, LLOVIZNA, GRANIZO, NIEVE O AGUANIEVE.

1.- ECLESIASTES 1:7 CITADO EN "THE CONTROL OF WATER CYCLE". SC. AN. AP. 1973.

2.- EL CORREO DE LA UNESCO. FEB. 1978. PAG. 17.

A PARTIR DE QUE PRINCIPIA LA PRECIPITACIÓN, LA EVAPORACIÓN --
COMIENZA A OCURRIR, PARTE DEL AGUA QUE PRECIPITA NO ALCANZA LA SUPERFICIE
TERRESTRE, OTRA PARTE REGRESA CUANDO APENAS HA TOCADO LA SUPERFICIE
Y EL RESTO, TARDE O TEMPRANO, VUELVE A LA ATMÓSFERA (FIGURA 1).

EXISTEN DIVERSOS ESTADOS DEL AGUA QUE APARENTEMENTE NO PARTICI-
PAN EN EL CICLO Y QUE PUEDE DURAR POR MÁS O MENOS TIEMPO, COMO OCURRE
CON EL AGUA QUE QUEDA CONGELADA A GRANDES ALTITUDES O LATITUDES, LA DE-
LOS MANTOS SUBTERRÁNEOS, DONDE OCASIONALMENTE PUEDE QUEDAR CONFINADA --
POR MILES DE AÑOS (AGUAS FÓSILES). ASÍ COMO LA QUE FORMA PARTE DE LOS --
SERES VIVOS.

EL AGUA QUE PERMANECE LIBRE DESPUÉS DE LA PRECIPITACIÓN, ESCORRE
TIERRAS ABAJO Y REGRESA EN SU MAYOR PARTE HASTA EL MAR, SIRVIENDO,
A SU PASO DE ALIMENTO PARA PLANTAS Y ANIMALES, EVAPOTRANSPIRANDO (DEL
SUELO O DE LOS ORGANISMOS). TALES FENÓMENOS COMIENZAN EN LAS TIERRAS MÁS
ALTAS, DONDE EL DRENAJE ESTÁ CONSTITUIDO POR ESCORRENTÍA DIFUSA, LA --
CUAL, A MEDIDA QUE DESCIENDE, SE ENGROSA PARA FORMAR CORRIENTES CADA --
VEZ MAYORES. DONDE EL RELIEVE Y EL CLIMA LO PERMITEN, ÉSTAS CORRIENTES
ALCANZAN LA MAGNITUD DE RÍOS COMO EL AMAZONAS, EL NILO, ETC., PARALELA-
MENTE, TAMBIÉN DEBIDO A CONDICIONES LOCALES, OTROS RÍOS ALCANZAN EL RAN-
GO DE ARROYOS, INTERMITENTES, DE CORTA EXTENSIÓN Y Poca IMPORTANCIA, CO-
MO LO DEMUESTRA EL HECHO DE QUE SEAN PEQUEÑOS, SI LOS HAY, LOS ASENTA-
MIENTOS HUMANOS ESTABLECIDOS A LO LARGO DE SU CURSO.

LOS ESCURRIMIENTOS EN SU TRAYECTO PUEDEN ENCONTRAR OBSTÁCULOS
QUE LES IMPIDAN CONTINUAR, ESTANCANDOSE PARA DAR LUGAR A LAGOS, PANTÁ-
NOS O BIEN CUBALES ARTIFICIALES, QUE EL HOMBRE CONSTRUYE PARA BENEFI-
CIARSE; ASÍ DESDE ESTOS CUERPOS DE AGUA SE DISTRIBUYE PARA SU APROVECHA-
MIENTO; GENERALMENTE EXISTEN TAMBIÉN SALIDAS DE ESTOS ESTANQUES, POR --
LOS QUE EL AGUA CONTINUA SU CAMINO HACIA EL MAR LA MAYORÍA DE LAS VECES.
(FIGURA 2).

COMO SE HA APUNTADO, EN EL CICLO HIDROLÓGICO INTERVIENEN MULTI-
TUD DE FENÓMENOS Y PROCESOS, HACIENDO ESTE, EN OCASIONES, DIFÍCIL DE --
ENTENDER Y, POR ENDE, DE EVALUAR CON PRECISIÓN.

EN LA FIGURA 3 SE DAN VALORES PORCENTUALES A LAS FASES DEL CI-
CLO, SIN EMBARGO TALES VALORES VARIAN DE UNA INVESTIGACIÓN DE OTRA POR-
LA GRAN DIFICULTAD QUE ENTRAÑA SU CÁLCULO.

SI LA HUMANIDAD TUVIERA QUE EFECTUAR EL CICLO DEL AGUA POR SI-
MISMA, MUY PRONTO COMPRENDERÍA QUE EL FUNCIONAMIENTO DEL MISMO, REQUIERE
DE MILLONES DE UNIDADES DE ENERGÍA, SIN EMBARGO, AL SER SU FUNCIONA-
MIENTO ALGO NATURAL, POCAS VECES ES TOMADO EN CUENTA TAL SITUACIÓN. LA-
EVAPORACIÓN A PARTIR DE LA SUPERFICIE OCEÁNICA, REQUIERE DE 596 CALO-
RÍAS O 2.5 KW POR GRAMO DE AGUA PARA UNA TEMPERATURA Y PRESIÓN MEDIAS =
3, ENERGÍA APORTADA INTEGRAMENTE POR EL SOL (FIGURA 2). APROVECHANDO --
TAL ENERGÍA EL AGUA SE EVAPORA Y SE ELEVA EN LA ATMÓSFERA ENTRE 8 Y 12-

KILÓMETROS, BONDE FORMA HUBBOSIDAD.

EL ACARREO DE LAS NUBES TAMBIÉN REQUIERE DE ENERGÍA, ÉSTA LA PROPORCIONA EL VIENTO, QUE DISTRIBUYE BILLONES DE LITROS DE AGUA POR TERA LA TROPÓSFERA. PARA LA CONDENSACIÓN Y LA COALESCENCIA HAY DESPRENDIMIENTO DE ENERGÍA O, MEJOR DICHO, LA ATMÓSFERA LA ABSORBE, HACIENDO QUE EL GAS SE CONDENSE Y FORME GOTAS DE AGUA.

EN LAS GOTAS ACTÚA LA FUERZA DE ATRACCIÓN GRAVITACIONAL, QUE DESPRENDE ENERGÍA AL PRODUCIRSE EL GOLPE DE LA LLUVIA SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE. DESPUÉS, POR EFECTO DE LA GRAVEDAD, Y LA PENDIENTE, EL AGUA CONTINÚA SU CAMINO HASTA LLEGAR AL MAR. TAMBIÉN LA GRAVEDAD ACTÚA PRODUCIENDO INFILTRACIÓN Y ESCURRIMIENTO SUBTERRÁNEO, QUE NO SÓLO ALIMENTA CORRIENTES SINO PUEDE DESEMBOCAR AL MAR O A CAPAS DE MAYOR PROFUNDIDAD.

EN LA ENERGÍA QUE EL AGUA SUBTERRÁNEA REQUIERE PARA RETORNAR A LA SUPERFICIE LE ES PROPORCIONADA POR EL SOL, Y, OCASIONALMENTE, POR EL CALOR INTERNO DE LA TIERRA A TRAVÉS DEL VOLCANISMO, DEL CUAL SON MUY CONOCIDOS LOS GEISERES Y LAS AGUAS TERMALES.

EN TÉRMINOS GENERALES LA ENERGÍA QUE REQUIERE AL AGUA PARA ASCENDER PROVIENE DEL SOL, SI LA TIERRA SE HALLARÁ MÁS CERCA DEL SOL, EL EXCESO DE ENERGÍA DE ASCENSO EXTRAERÁ MÁS AGUA DE LA ATMÓSFERA, POR EL CONTRARIO, SI EL PLANETA ESTUVIERA MÁS ALEJADO DEL SOL, LA FUERZA DE ASCENSO SERÍA INFERIOR A LA ATRACCIÓN Y SÓLO PARTE O NADA DEL AGUA PODRÍA ELEVARSE EN LA ATMÓSFERA, QUEDANDO EL RESTO CONFINADO A LOS CUERPOS DE AGUA SUBTERRÁNEA O CONGELADOS.

EN LA TIERRA, ÚNICO EJEMPLO DEL CICLO DEL AGUA QUE SE CONOCE NO OCURRE HOMOGÉNEAMENTE, EXISTEN ZONAS ÁRIDAS Y HÚMEDAS, HAY ADEMÁS EN CADA UNA DE ELLAS DISTINTOS GRADOS DE HUMEDAD Y SEQUEDAD, DISTINTOS PERÍODOS DE OCURRENCIA DE LA LLUVIA, AQUELLOS PERMANENTES, OTROS ESTACIONALES O ESPORÁDICOS, LO MISMO OCURRE CON LA EVAPORACIÓN HIDROLÓGICA, LA CUAL NO ES UNIFORME SOBRE LA SUPERFICIE DEL PLANETA.

EL CICLO DEL AGUA ES TAMBIÉN REFLEJO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VIDA, PORQUE OBTIVAMENTE ÉSTA SE HA ido ADAPTANDO A AQUEL CASO TEN DISTINTAS DENSIDADES VEGETALES (ABUNDANTE, REGULAR, ESCASA Y NULA), LAS CONDICIONES EN QUE ÉSTA VEGETACIÓN EVOLUCIONA A LO LARGO DEL AÑO, ÉPOCA DE FLORACIÓN DE CRECIMIENTO, DESPRENDIMIENTO DE HOJAS, ETC., HAY ÁRBOLES CON TRONCOS BAJOS GRUESOS, OTROS ALTOS Y FLEXIBLES PARA SOPORTAR LOS VURTES DE LAS TORMENTAS. ALGUNAS PLANTAS REBELAN LA ESCASEZ DE PRECIPITACIÓN DE LA ZONA DONDE SE ENCUENTRAN, POR SU ESTRUCTURA BUCLENTA, LA CUAL LES PERMITE RETENER EL AGUA. NO SÓLO LA VEGETACIÓN MUESTRA ÉSTA ADAPTACIÓN AL CICLO, LA FAUNA TAMBIÉN; HAY ANFIBIOS EN ZONAS MUY HÚMEDAS, OTROS COMO LOS DROMEDARIOS Y GACELAS SUBSISTEN ALMACENANDO AGUA POR MUCHO TIEMPO.

EXISTE UNA BUENA ADAPTACIÓN DE LA ACTIVIDAD HUMANA A LAS CARACTERÍSTICAS DEL CICLO: LA AGRICULTURA, LA HABITACIÓN, EL VESTIDO, LOS EMPALDES, CANALES DE ESCURRIMIENTO, ETC. DE HECHO LAS CARACTERÍSTICAS DEL PAISAJE NATURAL O CULTURAL ESTÁN DELINEADAS POR EL CICLO DEL AGUA - EN RELACIÓN CON OTROS ELEMENTOS CLIMÁTICOS.

EL CICLO HIDROLÓGICO Y SU EVOLUCIÓN.

COMO PARTE INTEGRANTE DEL AMBIENTE, EL CICLO HIDROLÓGICO MUESTRA CIERTO DINAMISMO, TANTO ESPACIAL COMO TEMPORAL, SUCEDIENDO LA MÁXIMA: NO ES CONSTANTE, TODO SE TRANSFORMA, SÓLO EL CAMBIO ES PERMANENTE.

AL FORMARSE LA TIERRA EL EXCESIVO CALOR DE LA SUPERFICIE INCANDESCENTE IMPEDÍA AL AGUA PERMANECER LÍQUIDA EN LA SUPERFICIE, LA NUBE ESCAPAR HACIA LA ATMÓSFERA DONDE PERMANECIAN FORMANDO NUBES CONSTANTES, FUE AQUEL UN AMBIENTE DE TINIEBLAS, ILUMINANDO POR EL FUERTE VOLCÁNICO Y LAS DESCARGAS ELÉCTRICAS PRODUCIDAS POR LA FRICIÓN DE LAS NUBES EN LA ATMÓSFERA. HABÍA ENTONCES EXCESO DE ENERGÍA PARA MANTENER EL AGUA EN LA ATMÓSFERA. CUANDO EL CALOR DE LA TIERRA DISMINUYÓ EL AGUA PUDO PRECIPITAR PARA LLENAR LAS CUENCAS OCEÁNICAS, DIO LUGAR A RÍOS SOBRE LA SUPERFICIE MÁS ALTA; APARECIÓ ENTONCES LA VIDA.

AQUELLA FUE UNA TIERRA HÚMEDA YA QUE LA ELEVADA TEMPERATURA PERMITÍA A LA ATMÓSFERA MANTENERSE CON UN ALTO GRADO DE HUMEDAD, MUY SUPERIOR A LA HUMEDAD MEDIA DE HOY EN DÍA.

LA EVOLUCIÓN HASTA AQUÍ TRATABA ES ESTUDIADA POR LA PALEOCLIMATOLOGÍA, PALEOGEOLOGÍA, PALEOFITOLOGÍA, ETC, PORQUE CONOCIENDO DETALLADAMENTE LOS CAMBIOS QUE LA VIDA Y LAS FORMAS DE RELIEVE HAN EXPERIMENTADO SE DEBE LA EVOLUCIÓN DEL CICLO DEL AGUA. SALTANDO HASTA EL MOMENTO ACTUAL SE ENCUENTRAN PLANTAS NUEVAS EN EL PLANETA LAS CROFITAS, QUE INDICAN QUE EL CICLO MUNDIAL DE AGUA SE DIFERENCIA POR REGIONES ENCONTRÁNDOSE ASÍ LOS DESIERTOS, DONDE EL AGUA DISPONIBLE SE HA REDUCIDO O BIÉN PORQUE SE HA RESTRIBUIDO. CUALQUIERA QUE FUERAN LAS RAZONES, - TODOS, LOS CAMBIOS QUE OCURRIERON EN MILLONES DE AÑOS, FUERON CAMBIOS - NATURALES, QUE TUVIERON LA CARACTERÍSTICA COMÚN DE OCURRIR LENTAMENTE, DANDO TIEMPO A QUE LA VIDA SE PUDIERA ADAPTAR A LOS CAMBIOS, CONCIERNE, SIN EMBARGO, DE UNOS SIGLOS A LA FECHA DICHO CAMBIO HAN VENIDO OCURRIENDO INTENSIVAMENTE, SIN DAR OPORTUNIDAD A LA ADAPTACIÓN Y AL SURDIMIENTO DE NUEVAS ESPECIES, OCACIONANDO EN SU LUGAR, LA EXTINCIÓN MASIVA. POR EJEMPLO, EN UN VALLE INUNDADO, O EN UNA CUBIERTA DE CENIZAS QUE SE ORIGINARON DE LA NOCHE A LA MAÑANA, EN AMBOS CASOS HAY CARACTERÍSTICAS COMUNES: EL FENÓMENO ES LOCAL, OCURRE EN UN LUGAR DEL TIEMPO Y DEL ESPACIO MUY PRECISOS, SU EXTENSIÓN NO ES IMPORTANTE EN DIMENSIONES PLANETARIAS, LO QUE PERMITE QUE LA VIDA ANIMAL Y VEGETAL REGRESE PROGRESIVAMENTE A LA ZONA PARA PDLARLA, AL MISMO TIEMPO QUE LA Poca FRECUENCIA CON QUE OCURREN ESTOS FENÓMENOS DAN OPORTUNIDAD A LA VIDA DE REGENERARSE. FENÓMENOS DE ESTE TIPO SON INEVITABLES, CON NATURALES Y, A ESCALA PLANETARIA POCO DAÑINOS.

EN RESUMEN, LAS VARIACIONES DE LA CANTIDAD DE ENERGÍA QUE LLEGA A LA SUPERFICIE DEL PLANETA MODIFICAN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VIDA Y DEL CICLO DEL AGUA, DANDO LUGAR A NUEVAS ADAPTACIONES, A EVOLUCIÓN NATURAL.

EN LOS ÚLTIMOS SIGLOS, LA NATURALEZA SE HA ENFRENTADO A CAMBIOS DE LOS CUALES NO EXISTÍAN ANTECEDENTES. EL HOMBRE, CREADOR Y DESTRUCTOR, HA ALTERADO LA FISIONOMÍA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE, TAN RÁPIDA Y EXTENSAMENTE COMO NUNCA ANTES OCURRIÓ; LOS PATRONES NATURALES ESTÁN SIENDO ALTERADOS TAN RÁPIDAMENTE, QUE NO HAY TIEMPO A NUEVAS ADAPTACIONES, POR LO QUE HOY OCURRE LA EXTINCIÓN MÁS ACENTUADA DE FLORA Y FAUNA TERRESTRES.

LAS CARACTERÍSTICAS ACTUALES DEL CICLO HIDROLÓGICO SON RESULTADO DEL PASADO Y ANTECEDENTES DEL FUTURO. EL HOMBRE HABITA UN PLANETA AL QUE, PRÁCTICAMENTE, ACABA DE LLEGAR, DEL QUE CONOCE UNA MÍNIMA PARTE, POR LO QUE PODEE ELEMENTOS DE JUICIO MÍNIMOS PARA PODER EXPLICARSE EL PRESENTE, COMPRENDER EL PASADO O SUPONER EL FUTURO. EL CONOCIMIENTO DEL CICLO HIDROLÓGICO SE ENCUENTRA EN LAS MISMAS CIRCUNSTANCIAS. ESTE CICLO SE DESARROLLA A PARTIR DE DIMENSIONES PLANETARIAS, SUS CARACTERÍSTICAS ACTUALES SON EL RESULTADO DIRECTO DE LAS GLACIACIONES QUE OCURRIERON HACE MÁS DE DIEZ MIL AÑOS.

CONOCIENDO EL GRADO DE DEPENDENCIA QUE EL CICLO HA MANTENIDO CON FACTORES EXTERNOS, O SEA, LA CANTIDAD DE HIELO EN LOS POLOS, LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DE LAS RESERVAS ACUIFERAS, LA CIRCULACIÓN GENERAL DE LA ATMÓSFERA, LA PRESENCIA DE PARTICULAS SÓLIDAS EN EL AIRE Y DEMÁS, SE PUEDE PRECISAR MEDIANTE UN ANÁLISIS ADECUADO, COMO EVOLUCIONARA EL CICLO DEL AGUA, EN DECIR, SI EN EL FUTURO SE ACENTUARÁN LAS ZONAS DE EVAPORACIÓN Y PRECIPITACIÓN, O SI ESTAS REGIONES VAN A EXTENDERSE O REGULARIZARSE; EN RESUMEN, SI EL CICLO DEL AGUA ESTÁ REGIDO POR FACTORES COMO: TEMPERATURA, CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA, RELIEVE, ETC., SÓLO CONOCIENDO SU INTERDEPENDENCIA, PODREMOS PREVER QUE FUTURO LE ESPERA A ESCALA PLANETARIA, REGIONAL Y LOCAL.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL CICLO HIDROLÓGICO.

PARA ANALIZAR LA EVOLUCIÓN DE ESTE CICLO SE HAN DE ELABORAR MAPAS PALEOGEOGRÁFICOS EN LOS QUE APARECE REPRESENTADO EL CICLO HIDROLÓGICO, DESDE HACE CINCO MIL MILLONES DE AÑOS HASTA EL PRESENTE. EN ESTOS MAPAS SE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CICLO Y LA VARIACIÓN DE FACTORES DETERMINANTES, LA INTERRELACIÓN DE ESTOS Y QUIZÁ, SE PODRÍA LLEGAR A PREDECIR LAS FORMAS QUE NUESTRA SE ADQUIRIR EN EL FUTURO MEDIATO E INMEDIATO.

EN ESTA MISMA SERIE HIPOTÉTICA DE ESTUDIOS, LOS MAPAS DE ESTE TIPO TENDRÍAN QUE HACERSE CON MAYOR FRECUENCIA PARA LAS ÚLTIMAS DÉCADAS DEDICADO A QUE EL HOMBRE HA CONTRIBUIDO CON MAYOR INTENSIDAD A LOS

MAPAS CON LAS CARACTERÍSTICAS NATURALES DEL MUNDO EN DIEZ TINTAS ERAS GEOLÓGICAS.

CAMBIO CLIMÁTICO Y, POR LO MISMO, NUEVAS MODIFICACIONES DE HAN PRODUCIDO EN EL CICLO DEL AGUA. POR LO TANTO LA EVOLUCIÓN ACTUAL DEBE ESTAR SUCEDIENDO MÁS RÁPIDAMENTE QUE EN EL PASADO GEOLÓGICO DEL PLANETA.

EL CICLO DEL AGUA PRESENTA VARIOS NIVELES, EL PRIMERO DE ELLOS Y DE MAYOR IMPORTANCIA ES EL MUNDIAL, EN EL QUE LOS GRANDES VOLÚMENES DE POBLACIÓN PROVIENEN DE LOS OCEANOS, YA QUE LA SUPERFICIE DE ESTOS ES DE TRESCIENTOS SESENTA MILLONES DE KILÓMETROS CUADRADOS, EL AGUA QUE SE EVAPORA DE ELLOS ES ALREDEDOR DE 1,240 MM. ANUALES (448 900 KM³)⁴ LO QUE REPRESENTA MÁS DEL 86% DEL TOTAL MUNDIAL, DESDE LUEGO QUE LA MAYOR PARTE DE ESTA AGUA PRECIPITA SOBRE LOS OCEANOS, PERO LA PARTE QUE CAE SOBRE LOS CONTINENTES ES MUY SIGNIFICATIVA YA QUE EN ESTOS EXISTE UN BALANCE NEGATIVO DEBIDO AL ESCURRIMIENTO HACIA AFUERA, POR LO QUE SE RETIENEN MENOS AGUA DE LA QUE RECIBEN POR PRECIPITACIONES 37 300 KM² CUBIERTOS DE AGUA SON EVACUADOS DE ESTA MANERA. SI SE CONSIDERA QUE EN LOS CONTINENTES PRECIPITAN ANUALMENTE 108 400 KM³ DE AGUA PROVENIENTE DEL OCEANO Y DEL MISMO CONTINENTE Y QUE DE ESTOS, 71 100 KM³ CORRESPONDEN DIRECTAMENTE A LAS SUPERFICIES CONTINENTALES, RESULTA IMPORTANTÍSIMA LA CANTIDAD PROPORCIONADA POR LOS OCEANOS, PUES DE NO RECIBIRLA LOS CONTINENTES SE SECARÍAN EN MENOS DE TRES AÑOS (FIGURA 4).

DE LA ESCALA PLANETARIA CONTINUÁN LAS HEMISFÉRICAS, EN LAS QUE DESTACAN ALGUNOS ASPECTOS INTERESANTES: EN EL HEMISFERIO SUR PRECIPITA MENOS DEL AGUA QUE ALLÍ MISMO SE EVAPORA, MIENTRAS QUE EN EL HEMISFERIO NORTE SUCEDE LO CONTRARIO, DEBIDO A QUE EN EL HEMISFERIO SUR, DONDE PREVALECE LOS OCEANOS HAY UN SUPERAVIT DE EVAPORACIÓN, POR OTRO LADO, LA CIRCULACIÓN GENERAL DE LA ATMÓSFERA TRASLADA AGUA HACIA EL NORTE YA QUE EL ECUADOR TERNICO SE DESPLAZA HACIA ÉL, CONSECUENTEMENTE LAS CELDAS METEOROLÓGICAS E HIDROMETEORAS A QUE DA LUGAR.

ALTERACIONES DEL CICLO DEL AGUA A ESCALA PLANETARIA.

COMO SE AÑORÉ EL CICLO DEL AGUA EN LA TIERRA ABARCA VARIOS NIVELES DESDE EL GLOBAL (QUE CUBRE TODO EL PLANETA) HASTA EL PARTICULAR QUE SERÍA DENTRO DE LA CUENCA DE UN RÍO DE PRIMERA MAGNITUD. EL PRIMERO ESTÁ CONDICIONADO POR LA CIRCULACIÓN GENERAL DE LA ATMÓSFERA, POR LA CANTIDAD DE ENERGÍA SOLAR, POR LA PROPORCIÓN DE MARES Y CONTINENTES SOBRE LA TIERRA ETC. A ESTA ESCALA POCAS ALTERACIONES DRÁSTICAS CON SUBCEPTIBLES DE OBSERVACIÓN POR EL HOMBRE, PUESTO QUE EN ELLA LOS FACTORES DETERMINANTES CAMBIAN LENTAMENTE, SIN EMBARGO ESTOS CAMBIOS SÍ PUEDEN DAR LUGAR A ALTERACIONES REGIONALES QUE PUEDEN DAÑAR GRAVEMENTE PAÍSES ENTEROS.

EL CINTURÓN DE SAHEL, POR EJEMPLO, HA ESTADO EXPUESTO A SEQUÍAS PROLONGADAS QUE OCASIONAN LA MUERTE DE MILES DE ANIMALES Y DE HOMBRES, MIENTRAS QUE AL NORTE DE LA INDIA, EN EL ESTADO DE UTAH PRADESH, LAS LLUVIAS EXCESIVAS ARRASAN PUEBLOS ENTEROS Y MATAN GRAN CANTIDAD DE

⁴ OEI, RECURSOS NATURALES, ESPAÑA, 1975.

HABITANTES. SIEMTRAS PARTE DEL MUNDO CARECE DE RECURSOS ACUÍFEROS OTRA PUEDE SOBRE PASAR SUS LÍMITES NATURALES, LAS RAZONES DE ELLO, APARENTEMENTE SENCILLAS, COMO EL MAYOR O MENOR DESPLAZAMIENTO DEL EQUADOR TÉRMICO, QUE A SU VEZ ALTERA LOS PATRONES NATURALES DE LAS CELDAS METEOROLÓGICAS, PRODUCEN DESIGUALDADES EN LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA.

AL AUMENTAR UNAS CUANTAS DÉCIMAS DE GRADO LA TEMPERATURA MUNDIAL, LA CANTIDAD DE AGUA EVAPORADA AUMENTA, LA ATMÓSFERA INCREMENTA SU PODER ABSORBENTE Y RETIENE MAYOR HUMEDAD, PARADOJICAMENTE A PESAR DE HABER MAYOR EVAPORACIÓN SE PRODUCE MENOR PRECIPITACIÓN, SIEMTRAS QUE EN EL CASO CONTRARIO, LA DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA PLANETARIA HACE DISMINUIR EL PODER ABSORBENTE DE LA ATMÓSFERA Y FACILITA LA CONDENSACIÓN DEL VAPOR DE AGUA, LOS CLIMAS TIENDEN HA HACERSE MENOS CÁLIDOS Y MÁS HÚMEDOS, A LA VEZ QUE SE FORMAN REGIONES DE ESCASA PRECIPITACIÓN.

LAS CONSECUENCIAS DE ESTOS FENÓMENOS REPERCUTEN AMPLIAMENTE, LOS AUMENTOS DE LA TEMPERATURA FUNDEN LAS CAPAS HELADAS Y SE ELEVA EL NIVEL DE LOS MARES, LOS DESIERTOS SE HACEN MÁS CÁLIDOS, LAS PLANTAS ENTERRAN HACIA LATITUDES MAYORES O TIERRAS MÁS ALTAS, SIEMTRAS LA VEGETACIÓN QUE SOPORTA EL CALOR SE EXTIENDE CON FACILIDAD ACOMPAÑADA DE FAUNA QUE SE ALIMENTA DE ELLA; TAMBIÉN TIERRAS ANTES CUBIERTAS POR HIELOS SON HABITADAS. ASÍ PUES, LOS CAMBIOS CÍCLICOS EN LOS CLIMAS HACEN POSIBLE LA REDISTRIBUCIÓN DE LOS SERES VIVOS, DADO QUE LAS CONDICIONES MEDIAS DE LA ATMÓSFERA SE PRESENTAN LENTAMENTE, DANDO TIEMPO DE ADAPTACIÓN A LAS ESPECIES ANIMALES Y VEGETALES.

A PARTIR DE LA FORMACIÓN DEL PLANETA, EN LA EVOLUCIÓN DEL AMBIENTE TERRESTRE, EL CICLO DEL AGUA HA EVOLUCIONADO SEGÚN LAS NUEVAS CONDICIONES TERRESTRES, JUNTO CON LOS HABITANTES. SIN ENRANCO, LAS ALTE RACIONES QUE LA HUMANIDAD CAUSA EN EL AMBIENTE TERRESTRE, EN PARTICULAR LAS QUE EFECTUAN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y CONSECUENTEMENTE EL CICLO DEL AGUA, DEBEN ATRIBUIRSE A VARIAS, DE LAS CUALES DESTACA LA CONTAMINACIÓN, ÉSTA EVITA LA EVAPORACIÓN NORMAL, LO QUE DESQUILIBRA LA TEMPERATURA GENERAL, ETC.

CON EFECTO PERTURBADOR ATRIBUIDO AL HOMBRE ES LA EXTENSIÓN DE LOS DESIERTOS, LO QUE NO SUCEDE EN FORMA SÓLO NATURAL SINO AL RITMO QUE LE HA IMPUESTO EL HOMBRE, Y SE DEBE A OTRAS PERTURBACIONES DE LA NATURALEZA, COMO LA UTILIZACIÓN IRRACIONAL DEL AGUA, EN DECIR, SE MADE PASAR A TRAVÉS DE LOS AMBIENTES HUMANOS DE FORMA RÁPIDA Y ABUNDANTE (LA CIUDAD DE MÉXICO RECIBE 42 M³/SEG), SIN DAR TIEMPO A LA REPOSICIÓN NATURAL DE ESE CAUDAL. ADEMÁS SE AÑADE A ESTA SITUACIÓN EL HECHO DE QUE EL AGUA EMPLEADA ÉSTA SIENDO DESVIADA DE SU CICLO NORMAL EN DETRIMENTO DE OTRAS ZONAS.

EN EL MUNDO SE ARRASAN ANUALMENTE, ALREDEDOR DE 200 000 KM² DE VEGETACIÓN NATURAL, QUE SON REEMPLAZADAS POR GRASSLAND, A. "DESERTIFICATION". G. BREYARA, EARTH'CAN, VEGETACIÓN MÁS POBRE A LAS TÉCNICAS -

DE LABRANZA QUE PROVOCAN DESTRUCCIÓN DEL SUELO, DISMINUYENDO SU PODER -- DE RETENCIÓN DE HUMEDAD, POR LA DESSECACIÓN DE LOS MANTOS FREÁTICOS O -- DISMINUCIÓN DE SU NIVEL, FENÓMENOS QUE HACEN CREER LA EXTENSIÓN DE LAS REGIONES ÁRIDAS. ESTOS FENÓMENOS SE VEN AGRAVADOS POR DOS HECHOS COMU-- NES: LA VELOCIDAD CON QUE OCURREN, QUE SE VEN GRAFICADA MOSTRANDO UN -- ARREGLO MUY MARCADO, PARTICULARMENTE EN LOS ÚLTIMOS AÑOS Y, AL MISMO -- TIEMPO, SU EXTENSIÓN A TODOS LOS CONFINES DE LA TIERRA.

ALTERACIONES REGIONALES.

EN SERVICIO QUE LAS ALTERACIONES REGIONALES ESTÁN INTIMAMENTE -- LIGADAS A LAS DE CARÁCTER LOCAL, SÓLO QUE ÉSTAS, APARENTE, SUPREN CON-- TRASTES MÁS ACENTUADOS, LA REGIÓN PUEDE DAÑARSE MÁS FÁCILMENTE, PUES -- LOS EFECTOS DE LA ACTIVIDAD HUMANA REPERCUTEN MÁS RÁPIDAMENTE, PERO LOS LÍMITES GEOGRÁFICOS PUEDEN SER BARRERAS QUE RETENGAN LAS ALTE-- RACIONES E IMPIDAN SU EXPANSIÓN. DENTRO DE UNA REGIÓN SE CIERRAN CÍRCU-- LOS VICIOSOS CON MAYOR FACILIDAD, O SEA, QUE PROBLEMAS DESENGAÑADOS -- DENTRO DE ELLA PRONTO REPERCUTEN SOBRE OTROS ELEMENTOS Y ASÍ SUCCESIVA-- MENTE, IMPLICANDO A OTROS Y EXTENDIÉNDOSE ESPACIALMENTE.

EN LA CIUDAD DE MÉXICO AL EXTRAER EL AGUA DEL SUBSUELO SE -- PROFUNDIZA GRADUALMENTE EL NIVEL FREÁTICO, ELLO OCASIONA LA FALTA DE -- HUMEDAD EN LA SUPERFICIE PARA LAS PLANTAS Y EL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD; POR OTRA PARTE, SE DEPENDE EN MAYOR MEDIDA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL EXTERIOR; AL CONTAR CON MÁS AGUA, LA CIUDAD ATRAE LA ACTIVIDAD INDUSTRI AL Y LA POBLACIÓN. EL AGUA, QUE ES OBTENIDA A MAYOR PROFUNDIDAD O TRÁ-- DA DE MÁS LEJOS, GENERA UN CÍRCULO VICIOSO QUE DE NO ROMPERSE TORNNARÁ -- LA SITUACIÓN EN INTOLERABLE. A ESCALA REGIONAL LAS ALTERACIONES QUEDAN -- EN PARTE DELIMITADAS, PERO SE AGUDIZAN MÁS RÁPIDAMENTE.

POR OTRO LADO, REGIONALMENTE, UN ELEMENTO PUEDE TENER MAYOR -- PESO QUE OTROS, ASÍ LA ERUPCIÓN SINERGÉTICA DEL CHICHONAL EN 1982, AUN-- QUE DE HECHO AFECTÓ LA CIRCULACIÓN GENERAL DE LA ATMÓSFERA, EL EFECTO -- SE PERCIBE MEJOR EN EL SUR DE MÉXICO, EN LAS LLUVIAS TIPO CHUBASCO EN -- LA MARCHA DE LA TEMPERATURA. MIENTRAS QUE EN OTRAS REGIONES LAS ALTE-- RACIONES SON MÍNIMAS O NULAS. DE CUALQUIER MANERA LAS REGIONES, MIENTRAS -- MÁS ALEJADAS DE LAS ZONAS HABITADAS, MEJOR PRESERVAN SUS CONDICIONES -- NATURALES.

LAS ALTERACIONES A ESTA ESCALA, QUE POR OTRO LADO NO SON FÁCI-- LES DE DEFINIR, NO AFECTAN DE MANERA SIGNIFICATIVA EL COMPORTAMIENTO -- GLOBAL AL MENOS AHORA, AUNQUE EN OCASIONES UN FENÓMENO PUEDE REBASAR -- SUS PROPIAS FRONTERAS E INFLUIR EN UN ESPACIO MAYOR.

FASES DEL CICLO DEL AGUA.

UNA VEZ ENFRIADA LA CORTEZA TERRESTRE EL AGUA CONTENIDA EN LA ATMÓSFERA PASÓ LAS CUENCAS OCEÁNICAS, DE ESTA MANERA SE FORMARON IMPOR-- TANTES DEPÓSITOS, ES DECIR ES POSIBLE QUE A PARTIR DE ENTONCES GRANDES--

LAGOS Y MARES INTERIORES HAYAN QUEDADO COLMADOS. DE LAS TIERRAS ALTAS - EL AGUA TUVO QUE ESCURRIR HACIA LAS TIERRAS BAJAS, ANTIENDO CAUSÉ A SU PASO, INICIANDO LA EROSIÓN DE LA CORTEZA. EN GENERAL LAS MISMAS FASES - QUE AHORA SE CONOCEN DEL CICLO DEL AGUA DESIERON INICIARSE CON EL ENFRIAMIENTO DEL PLANETA, Y AUNQUE A LO LARGO DE LA EVOLUCIÓN PLANETARIA HAN SUFRIDO MODIFICACIONES, ESTAS NO HAN CAMBIADO EN ESENCIA.

EVAPORACIÓN.

EL AGUA SE EVAPORA POR EFECTO DEL CALENTAMIENTO SOLAR, SE TRANSFORMARSE EN GAS Y PASAR A LA ATMÓSFERA SIN PERDER SU COMPOSICIÓN QUÍMICA (H_2O), LA CANTIDAD DE AGUA QUE DE ESTA MANERA PASA A LA ATMÓSFERA DEPENDE DE LA ENERGÍA PROVENIENTE DEL SOL Y DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA, MIENTRAS MÁS CALIENTE SE ENCUENTRE EL AIRE, MAYOR HUMEDAD PUEDE ABSORBER.

LA MAYOR CANTIDAD DE EVAPORACIÓN PARTE DE LOS OCEANOS, AUNQUE TAMBIÉN PROVIENE DE OTRAS FUENTES: MARES INTERIORES, LAGOS, VASOS DE PRESAS, CORRIENTES FLUVIALES, ARROYOS, AGUA INFILTRADA SUPERFICIALMENTE, SERES VIVOS, Y AÚN DE AGUAS CONGELADAS (SUBLIMACIÓN).

LA EVAPORACIÓN NO SÓLO DEPENDE DE LA TEMPERATURA, EXISTE OTRO FACTOR QUE LA INCREMENTA CONSIDERABLEMENTE EL VIENTO, QUE AL FLUIR SOBRE UNA SUPERFICIE HUMEDA EVAPORA RAPIDAMENTE SI ES SECO.

A MEDIDA QUE EL VAPOR SE ELEVA PIERDE TEMPERATURA ABISABATAMENTE, AUMENTA SU PESO HASTA DETENERSE, ALZANANDO HASTA OCHO KILÓMETROS DE ALTITUD; A PESAR DE ELLO TAMBIÉN HAY HUMEDAD QUE ALCANZA MAYOR ALTURA Y EVENTUALMENTE ESCAPA DE LA ATMÓSFERA, AUNQUE EN CANTIDADES INSIGNIFICANTES.

OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EVAPORACIÓN, ACELERÁNDOLA O DISMINUYÉNDOLA SON: TEXTURA, COLOR Y ESTRUCTURA DEL SUELO, LA FORMA DEL RELIEVE, EXTENSIÓN, PROFUNDIDAD DEL DEPÓSITO DE AGUA, ETC.

A LO LARGO DEL AÑO LA EVAPORACIÓN VARÍA DE UN MES A OTRO, SI QUIENDO PARA CADA LUGAR UN PATRÓN ESPECIAL. A PESAR DE LA UNIVERSALIDAD DE LA EVAPORACIÓN, ES UNO DE LOS ELEMENTOS MÁS DIFÍCILES DE EVALUAR, DE HECHO LO QUE SE REGISTRA ES LA EVAPORACIÓN POTENCIAL, QUE INDICA CUANTA AGUA ABSORVERÍA LA ATMÓSFERA SI EL AGUA ESTUVERA DISPONIBLE LA EVAPORACIÓN HIDROLÓGICA O REAL SÓLO PUEDE CONOCERSE INDIRECTAMENTE, A TRAVÉS DE CÁLCULOS EN LOS QUE SE TOMAN EN CUENTA LOS FACTORES QUE HACEN VARIAR LA EVAPORACIÓN.

A TRAVÉS DE LA EVAPORACIÓN PASA A LA ATMÓSFERA EL 0.0013 DEL AGUA TERRESTRE (APROXIMADAMENTE 13 000 KU^3), QUE CONSTITUYE EL 0.04% DEL AGUA DULCE TERRESTRE, LO CUAL PERMITE QUE, ANUALMENTE, SE EVAPOREN-

496 000 km³ DE AGUA, O SEA, UN TIRANTE DE 973 MM DE ESPESOR, QUE CORRESPONDE EN SU MAYOR PARTE A LOS OCEANOS (424 700 km³), DE ESTOS UNA MAYOR PORCIÓN (239 400 km³) A LAS PARTES OCCIDENTALES DEL HEMISFERIO SUR. ES ENTONCES OBVIO QUE A LOS CONTINENTES CORRESPONDE UNA PARTE MENOR EN EL APORTE DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA (71 400 km³), COMO SE APRECIA EN LA FIG. 5; AFRICA ES EL CONTINENTE QUE COMPARATIVAMENTE MAYOR CANTIDAD DE AGUA CEDE A LA ATMÓSFERA (17 300 km³).

DEL ANÁLISIS DE LOS CUADROS FORMADOS POR BAUMGARTNER Y REINHOLD, RESULTA QUE HAY UNA CLARA PREPONDERANCIA DE LOS OCEANOS EN EL BALANCE MUNDIAL, CON EL 86% DE EVAPORACIÓN, EN RELACIÓN CON EL 14% DE LOS CONTINENTES. POR LO TANTO LOS OCEANOS FIGURAN COMO EL ORIGEN DEL AGUA DULCE EN EL PLANETA. EL BALANCE POR HEMISFERIOS (FIGURA 6) ENTRE PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN ES NEGATIVO EN EL SUR Y POSITIVO EN EL NORTE EN UN 40% QUE EQUIVALE A 18 500 km³. AL RESPECTO "LA TRANSFERENCIA DE VAPORES DE AGUA HACIA EL HEMISFERIO NORTE ENCENDRA UN EXCESO DE LOS VOLUMENES DE PRECIPITACIÓN Y DE CAUDALES EN ESTE ÚLTIMO, CON RETORNO HACIA EL HEMISFERIO SUR A TRAVÉS DE CORRIENTES MARINAS"⁶.

ASÍ PUEDE LA EVAPORACIÓN JUEGA UN PAPEL FUNDAMENTAL AL PERMITIR LA REGENERACIÓN DEL AGUA QUE HA SIDO UTILIZADA POR SERES VIVOS O CONTAMINADA. ES ADEMÁS TRASCENDENTAL POR ELEVAR EL AGUA A LA ATMÓSFERA Y DAR LUGAR A QUE SEA DISTRIBUIDA POR LA CIRCULACIÓN GENERAL SOBRE TODA LA SUPERFICIE TERRESTRE.

PRECIPITACIÓN.

LA PRECIPITACIÓN OCURRE MEDIANTE UN COMPLEJO PROCESO. PARA QUE LA PRECIPITACIÓN REPRESENTA EL AGUA EN LA ATMÓSFERA DEBE ALCANZAR CIERTOS VOLUMENES, QUE DEPENDE DE LA TEMPERATURA Y DEL PUNTO DE ROCÍO, LO QUE OCURRE AL ASCENDER LA MASA DE AIRE Y ENFRÍARSE ADIABATICAMENTE. UNA VEZ QUE EL PUNTO DE ROCÍO SE HA ALCANZADO, LA LLUVIA NO EMPIEZA INMEDIATAMENTE, TIENEN QUE FORMARSE GOTAS MAYORES EN TORNO A PARTÍCULAS IGROSCÓPICAS LAS CUALES CRECEN UNIÉNDOSE ENTRE SÍ (COALESCENCIA) HASTA ALCANZAR EL TAMAÑO SUFICIENTE PARA SER ATRAÍDAS POR LA GRAVEDAD, (COALESCENCIA) ANTES DE QUE ESTO SUCEDA PUEDEN SEGUIR ASCIENDIENDO POR CORRIENTES DE AIRE, DE ESTA MANERA LLEGAN A FORMAR GRANIZO O NIEVE Y ENTONCES PRECIPITAR, ESTA ÚLTIMA SÓLO EN AMBIENTES TAMBIÉN SEÑOS.

AUNQUE LA PRECIPITACIÓN ES UN FENÓMENO QUE OCURRE EN CUALQUIER PARTE DEL PLANETA, LOS FACTORES QUE LO CONDICIONAN PROVOCAN QUE EN UNAS REGIONES SEA MÁS ABUNDANTE Y REGULAR QUE EN OTRAS. ES IMPORTANTE, EN PRIMER LUGAR LA CIRCULACIÓN GENERAL DE LAS ATMÓSFERAS, ÉSTA ARRASTRA CONSIGO LA HUMEDAD DE UN LADO A OTRO, CREANDO REGIONES CON LLUVIAS Y REGIONES SECAS. A ESTE ESQUEMA GENERAL LO MODIFICAN FACTORES REGIONALES Y LOCALES, COMO TOPOGRAFÍA, DISTANCIA AL MAR, PRESIÓN ATMOSFÉRICA, HUMEDAD Y VIENTOS LOCALES, QUE ORIGINAN DIVERSOS RÉGIMENES DE LLUVIA, -

⁶ BETHMONT, OP. CIT.

LOS HAY DURANTE TODO EL AÑO, PERIÓDICAS O ESTACIONALES Y ESCASAS. ESTAS SE PRESENTAN EN FORMA LÍQUIDA COMO CHUBASCOS, LLUVIAS LIGERAS, LLOVISNA; EN FORMA SÓLIDA, COMO GRANIZADAS Y NEVADAS; EN FORMA INTERMEDIA, COMO AGUA-NEIEVE Y EN FORMA OCULTA, DEPOSITÁNDOSE DIRECTAMENTE SOBRE LA SUPERFICIE COMO EL ROCÍO Y ESCARCHA.

CADA UNA DE ESTAS FORMAS DE PRECIPITACIÓN REPRESENTA EN DETERMINADAS ZONAS Y MOMENTOS, POR ELLO VARIAN TAMBIÉN LAS FORMAS DE MEDIRLAS DESDE LOS PLUVIÓMETROS HASTA LOS ALAMBRES PARA RECOGER EL ROCÍO, PASANDO POR LOS NIVÓMETROS PARA LA ALTURA DE LA NIEVE. EN TODOS LOS CASOS SE SUPONE QUE LA PRECIPITACIÓN SE EXTIENDE SUPERFICIALMENTE COMO UNA LÁMINA UNIFORME AUNQUE NO SEA EXACTAMENTE CIERTO Y EN REALIDAD LA MEDIDA SEA SÓLO REPRESENTATIVA DEL PUNTO DONDE SE HACE LA MEDICIÓN; -- POR OTRO LADO, TAMPOCO EXISTE UNA RED MUNDIAL ADECUADA DE MEDICIÓN METEOROLÓGICA.

EL PAPEL DE LA PRECIPITACIÓN DENTRO DEL CICLO GENERAL DEL AGUA ES MUY IMPORTANTE PORQUE CONSTITUYE, JUNTO CON EL ARRASTRE DE LAS NUBES POR EL VIENTO, LA FORMA NATURAL DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA, PROPORCIONA AGUA A LAS TIERRAS ALTAS, A LAS ALEJADAS DEL MAR, -- CÁLIDAS O FRÍAS, SIN LA REGULARIDAD QUE QUISIERA EL HOMBRE, PARA EL DESARROLLO DE LA VIDA VEGETAL Y ANIMAL. GENERALMENTE BRINDAN AGUA LIMPIA Y DESALINIZADA, AUNQUE LOS PROBLEMAS DE LA CONTAMINACIÓN, PROVOCAN LLUVIAS ÁCIDAS, NO SÓLO SOBRE LAS CIUDADES, DONDE SE PRODUCEN LOS CONTAMINANTES, SINO EN REGIONES VECINAS, COMO SUCEDÉ A LOS BOSQUES DE ALEMANIA 7, ESTADOS UNIDOS Y MÉXICO.

EN LA FIGURA 8 SE OBSERVA QUE LA PRECIPITACIÓN SOBRE LOS CONTINENTES ES DE 111 110 KM³, MIENTRAS QUE SOBRE LOS OCEÁNOS LLEGA A 385 000 KM³. DEL AGUA PRECIPITADA SOBRE LOS CONTINENTES, EL MAYOR POR CIENTO CORRESPONDE AL ASIA, AUNQUE PROPORCIONALMENTE SEA AMÉRICA DEL SUR LA QUE RECIBE MAYOR CANTIDAD DE LLUVIAS, MIENTRAS QUE EN LA ANTÁRTIDA SON MÍNIMAS. EN LOS OCEÁNOS SE OBSERVA UNA SITUACIÓN SEMEJANTE, PUES EN EL ÁRTICO OAE TAN SÓLO UNA PELÍCULA DE 97 MM, MIENTRAS QUE LA ALTURA PROMEDIO ES DE 1 066 MM, TAMBIÉN RESULTA INTERESANTE QUE SEA EL PACÍFICO EL OCEÁNICO QUE MÁS PRECIPITACIONES RECIBA, PUESTO QUE LA ALTURA DE ESTA ES DE 1 292 MM, POR HEMISFERIOS HAY ALGUNOS CAMBIOS IMPORTANTES; LLUEVE MÁS PARA LOS CONTINENTES O TIERRAS EN EL SUR (888 MM ANUALES), AUNQUE POR OCEÁNOS CORRESPONDE MÁS A LAS DECCIONES BORALES (1 160 MM ANUALES).

EN EL MAPA DE PRECIPITACIONES (FIGURA 9), ES CLARO QUE LAS PRINCIPALES LLUVIAS DEL MUNDO SON LAS PRODUCIDAS POR EL MONZÓN DEL SURESTE ASIÁTICO; ASÍ COMO TORA LA FRANJA ECUATORIAL, DONDE LAS PRECIPITACIONES SOBREPASAN LOS 2 000 MM ANUALES.

7 CONTEXTOS. AÑO 2 No. 27.

ESCURRIMIENTO Y ALMACENAMIENTO.

AL LLEGAR EL AGUA A CUALQUIER SUPERFICIE TERRESTRE GENERALMENTE EMPRENDE AL CAMINO DE REGRESO AL MAR, LO CUAL ES PERMITIDO POR LA ATRACCIÓN GRAVITACIONAL Y LA PENDIENTE DEL TERRENO. PRÁCTICAMENTE EN TODA LA SUPERFICIE DEL GLOBO HAY AGUA DE ESCURRIMIENTO; POR SUPUESTO EL VOLUMEN ESCURRIDO ES MAYOR EN LAS REGIONES DONDE SE CONCENTRAN LAS PRECIPITACIONES O SON REGULARES, HAY TAMBIÉN ESCURRIMIENTOS SÓLIDOS, LOS GLACIARES, LOS QUE EN REGIONES GELIDAS EQUIVALEN A LOS RÍOS, Y DE DONDE -- LOS CUALES TAMBIÉN HAY EVAPORACIÓN.

EN LOS LUGARES ÁRIDOS, POR LO GENERAL, NO EXISTE ESCURRIMIENTO, O BIEN EL AGUA ESCURRE BREVEMENTE EN ESPACIO Y TIEMPO, PUES LA EVAPORACIÓN ES ELEVADA E IMPIDE LA FORMACIÓN DE RÍOS QUE DESEMBOQUEN EN EL MAR.

POR OTRA PARTE ESTÁN LAS AGUAS DE ESCURRIMIENTO QUE REGRESAN AL MAR SUBTERRÁNEAMENTE, ALGUNAS DE ESTAS AFLORAN Y SE INTEGRAN A CORRIENTES SUPERFICIALES, HAY TAMBIÉN ESCURRIMIENTOS SUBSUPERFICIAL, CONSTITUIDO POR MANTOS DELGADOS QUE ESCURREN CASI POR LA SUPERFICIE. EL ESCURRIMIENTO FREÁTICO AVANZA HACIA EL MAR LENTAMENTE, Y TAMBIÉN ALIMENTA CORRIENTES SUPERFICIALES.

LA FUNCIÓN QUE EL ESCURRIMIENTO HA DESEMPEÑADO EN LA ORGANIZACIÓN DE LA VIDA EN EL PLANETA, ES LA DE DISTRIBUIR EL AGUA PROPORCIONADA POR LAS LLUVIAS.

LOS PATRONES DEL ESCURRIMIENTO SON CASI FIJOS, SÓLO LLEGAN A SUFRIR MODIFICACIONES PARCIALES. SU PAPEL DENTRO DEL CICLO HIDROLÓGICO ES EL DE CONCENTRAR LAS AGUAS QUE LAS LLUVIAS PROPORCIONAN, HACERLAS GANAR ENERGÍA PARA TRANSPORTAR EL AGUA DIRECTAMENTE SOBRE LA SUPERFICIE.

DE LA FIGURA 9 SE DEDUCE QUE EL CONTINENTE DONDE MÁS AGUA DE ESCURRIMIENTO EXISTE ES LA ANTÁRTIDA, POR LA BAJÍSIMA EVAPORACIÓN (17%), LE SIGUE AMÉRICA DEL SUR, DONDE LA EVAPORACIÓN ALCANZA 946 MM, NO OBSTANTE PERMITE EL ESCURRIMIENTO DE 618 MM, LOS QUE OBIVIAMENTE CORRESPONDEN PRINCIPALMENTE AL AMAZONAS, POR EL OTRO LADO, LOS LUGARES CON MENOS ESCURRIMIENTO SON AUSTRALIA (6.0%) Y AFRICA (16%).

EL ALMACENAMIENTO, TAMBIÉN ES IMPORTANTE PARA EL CICLO, YA QUE INFLUYE EN EL VOLUMEN DE AGUA DE ESCURRIMIENTO, INFILTRACIÓN Y ABASTECE LA ATMÓSFERA POR EVAPORACIÓN.

LA INFILTRACIÓN.

EL AGUA PROVIENE DE LA LLUVIA SE EVAPORA, ESCURRE Y INFILTRA EN LA SUPERFICIE TERRESTRE. LA INFILTRACIÓN OCURRE A UN RITMO MÁS O MENOS LENTO, DEPENDIENDO DE LA ESTRUCTURA LITOLÓGICA EN QUE SE PRESENTA,--

PUDIENDO ALCANZAR, DISTINTAS PROFUNDIDADES E IGUALMENTE QUEDAR MÁS O MENOS ATRAPADA EN LAS CAPAS SUBTERRÁNEAS.

LA VELOCIDAD Y CANTIDAD DE AGUA AL INFILTRARSE DEPENDE DE LA NATURALEZA DE LOS ESTRATOS, COMO MUESTRAN LAS FIGURAS 10, 11 Y 12 ES MAYOR EN ARENAS HASTA DOS MILÍMETROS POR MINUTO, DONDE EL PORCENTAJE DE POROSIDAD ALCANZA HASTA UN 35%, MIENTRAS QUE LA INFILTRACIÓN ES MÍNIMA EN LA ARCILLA, TAN SÓLO 0.05 O 0.2, POR MINUTO, A PESAR DE QUE LA POROSIDAD LLEGA A UN 45%. COMO ES SABIDO, LA INFILTRACIÓN NO DEPENDE TANTO DE LA CANTIDAD O PORCENTAJE DE POROS, COMO DE LA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ESTOS.

SE HA ANOTADO QUE EL AGUA SUBTERRÁNEA, PRODUCTO DE LA INFILTRACIÓN, PUEDE ESCURRIR HACIA EL MAR COMO CORRIENTE, MANTOS A MAYOR O MENOR PROFUNDIDAD O BIEN PERMANECER EN EL CONTINENTE FORMANDO NUEVAS RESERVAS SUBTERRÁNEAS, SATURANDO O SUSTRATO O CONFINADA EN CÁMARAS QUELLA MIRMA LABRA (LAGOS SUBTERRÁNEOS).

LA INFILTRACIÓN, COMO LAS OTRAS ETAPAS DEL CICLO HIDROLÓGICO, NO ES REGULAR EN LA SUPERFICIE TERRESTRE, EXISTEN REGIONES CON MAYOR O MENOR EFICIENTE DE INFILTRACIÓN QUE OTRAS. EL VOLUMEN INFILTRADO DEPENDE DE LAS PRECIPITACIONES Y DE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA DEL TERRENO Y LA PENDIENTE, DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y TIPO DENSIDAD DE VEGETACIÓN. DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA HACIENDE EL NIVEL FREÁTICO Y DISMINUYE PAULATINAMENTE HASTA EL ESTIAJE.

DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS, EL AGUA ESTÁ PROTEGIDA DE LA EVAPORACIÓN, ASÍ PARTE DEL AGUA QUEDA EN LOS CONTINENTES SIN INTEGRARSE DE INMEDIATO AL CICLO, LO QUE SUCEDE AL EVAPORARSE O ESCURRIR.

GRAN PARTE DEL AGUA INFILTRADA NO SE MANTIENE ESTÁTICA, SINO QUE SE DESPLAZA EN DIRECCIÓN DE LA PENDIENTE Y TANTO LA CAPA DE AGUA CAPILAR COMO LOS MANTOS DE AGUA SUBTERRÁNEOS SIGUEN, GRANDES MASAS, LA FORMA DEL RELIEVE (FIGURA 11).

LA IMPORTANCIA DEL AGUA INFILTRADA, COMO RESERVA DEL CICLO HIDROLÓGICO ES QUE REPRESENTA UNA RESERVA PARA LA TEMPORADA SECA, PERO EN EL QUE ALIMENTA CORRIENTES FLUVIALES Y OTROS CUERPOS DE AGUA A MEDIDA QUE ESTOS BAJAN DE NIVEL, EL AGUA SUBTERRÁNEA SIRVE DURANTE EL MISMO LAPSO DE ALIMENTO A LAS PLANTAS LOS ANIMALES Y AL HOMBRE QUE LA OBTIENE A TRAVÉS DE POZOS (FIGURA 12).

LAS CIUDADES Y PRÁCTICAMENTE CUALQUIER ASENTAMIENTO HUMANO RECURREN A POZOS QUE, AL AUMENTAR DE PROFUNDIDAD, MUESTRAN LA MALA ADMINISTRACIÓN QUE EL HOMBRE HACE DE ÉLLA, EN CAMBIO, UN ECOSISTEMA ESTABLE COMO EL BOSQUE, HACE USO DE ESTAS AGUAS DURANTE SIGLOS O MILAS DE AÑOS SIN QUE EL NIVEL FREÁTICO SE ALTERE. EL Desequilibrio que provoca el HOMBRE DEBE ATRIBUIRSE AL CRECIMIENTO TAN DESORDENADO DE LOS PUEBLOS,

A LA CONCENTRACIÓN DE PERSONAS EN TORNO A UNOS CUANTOS PUNTOS, A SU PÉSIMA UTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA, AL MAL USO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA, PUES POR UN LADO SE TIENE USO EXCESIVO Y POR OTRO, AÚN CUANDO EL AGUA SUBTERRÁNEA HA LOGRADO ESCAPAR AL PODER ABSORBENTE DE LA ATMÓSFERA, REFUGIÁNDOSE EN EL INTERIOR DE LA CORTEZA TERRESTRE, HASTA AHÍ LA HA ALCANZADO EL PODER DESTRUCTIVO DEL DESARROLLO INDUSTRIAL, DE TAL MANERA QUE TANTO MANTOS DE AGUA SUBTERRÁNEOS PRÓXIMOS O DISTANTES DE LAS CIUDADES SE HAN VISTO CONTAMINADOS POR LAS PARTÍCULAS NOCIVAS QUE ABANDONADAS IRRESPONSABLEMENTE EN LA SUPERFICIE DE LA CORTEZA TERRESTRE, SON ARRASTRADAS HACIA EL INTERIOR POR EL AGUA QUE SE INFILTRA DE LAS LLUVIAS --- (FIGURA 12).

OTROS MECANISMOS NATURALES HAN PASADO INADVERTIDOS O SE LES HA CONSIDERADO INÚTILES, COMO LA POSIBILIDAD DE LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA, PORQUE SE HA DESVALORIZADO EL PESO QUE DEBÍA TENER LA RELACIÓN DEL MEDIO CON EL HOMBRE, SITUACIÓN EN LA QUE, COMO EN TANTAS OTRAS, LA HUMANIDAD SE HA COLOCADO EN EL CENTRO Y CONSIDERADO QUE LA NATURALEZA, EN ESTE CASO EL AGUA, ESTÁ A NUESTRA DISPOSICIÓN, SIN ADVERTIR QUE ES EL HOMBRE QUIEN DEPENDE DE ELLA. EN LAS LEYES EL RESPETO Y PRESENCIA DEBERÁN OCUPAR RANGOS CONSTITUCIONAL.

11. REGIMEN HIDROLOGICO.

EL ESCURRIMIENTO DEL AGUA DE LA CUENCA SE MIDE A TRAVÉS DE UN FLUJO CUYA VARIACIONES ESTACIONALES CONSTITUYEN EL REGIMEN HIDROLOGICO. SU MEDICIÓN SE EFECTUA EN ESTACIONES HIDROMÉTRICAS, LAS QUE CUENTAN CON MOLINETES PARA MEDIR LA VELOCIDAD DEL LIQUIDO EN LA MISMA SECCIÓN Y TAMBIÉN CON ALGUNA ESCALA DE REFERENCIA DENTRO DEL CAUCE, A SIMPLE VISTA DETERMINAR CONTINUAMENTE LA ALTURA DEL AGUA Y ASÍ PODER DETERMINAR EL CAUDAL. CON LOS AFOROS Y EL NIVEL DE AGUA DE LA CORRIENTE SE CONSTITUYE LA CURVA DE GASTOS DEL RÍO Y ASÍ, SIN NECESIDAD DE AFORAR ES POSIBLE CONOCER EL GASTO POR LA ALTURA DEL NIVEL DEL AGUA.

EL REGIMEN HIDROLOGICO DEPENDE, EN GRAN MEDIDA, DEL CLIMA DE LA CUENCA, PUES ES EL QUE DETERMINA LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE LAS CORRIENTES FLUVIALES. ASÍ COMO PARDÉ M. DIVIDE LOS REGIMENES EN TRES CLASES: REGIMENES SIMPLES (CON UNA SOLA FUENTE DE ALIMENTACIÓN); REGIMENES MIXTOS (CON DISTINTAS FUENTES DE ALIMENTACIÓN); REGIMENES COMPLEJOS (CON SUCESIÓN DE INFLUENCIAS A LO LARGO DEL CURSO.

LAS CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS TAMBIÉN PUEDEN SERVIR DE BASE PARA DETERMINAR EL REGIMEN HIDROLOGICO, BASTA LA DEPENDENCIA QUE EL VOLUMEN ACUOSO TIENE DE LOS ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS, ESPECIALMENTE CON LA PRECIPITACIÓN.

PARDÉ. M. "FLEUVES ET RIVIERES." COLL. A COLIN, PARÍS, 1933, EN 8º, 224 PÁGS. CITADO POR MARTONNE, M. GEOGRAFÍA FÍSICA.

POR LO TANTO EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO EXPRESADO POR LAS VARIACIONES ESTACIONALES DE LOS RÍOS, INVOLUCRA LAS OTRAS FASES DEL CICLO DEL AGUA: LA INFILTRACIÓN, LA PRECIPITACIÓN, Y LA EVAPORACIÓN (ESTOS DOS ÚLTIMOS TAMBIÉN PARÁMETROS CLIMÁTICOS), PUES COMO PARTE DE ÉSTE, PRESENTA UNA ESTRECHA RELACIÓN CON ÉL.

RELACIÓN RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y PRECIPITACIÓN.

PARA EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO ES IMPORTANTE ANALIZAR EL VOLUMEN QUE OCURRE DEL QUE PRECIPITA MENSUALMENTE, ASÍ COMO EL PORCENTAJE ANUAL. LA OCURRENCIA DE LA PRECIPITACIÓN A LO LARGO DEL AÑO DA EL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO Y ÉSTE SE PUEDE VALUAR EN AÑOS DE OBSERVACIÓN EN UNA CUENCA USANDO LA MEDIA ARITMÉTICA, POLÍGONOS DE THICSEN O, PARA LOGRAR MAYOR PRECISIÓN, TRABAJANDO ISOTETAS. EL RESULTADO NO SÓLO ES UNA CUANTIFICACIÓN DEL AGUA QUE PRECIPITA EN LAS DIFERENTES ESTACIONES Y EN LA TOTALIDAD ANUAL, SINO TAMBIÉN SU DISTRIBUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL, FACTORES ESTOS ÚLTIMOS QUE TAMBIÉN INFLUYEN EN EL PORCENTAJE ESCURRIDO.

LOS VALORES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS INDICAN LA INTENSIDAD CON QUE LAS LLUVIAS SE PRESENTAN, MISMA QUE REPERCUTE DIRECTAMENTE EN EL VOLUMEN ESCURRIDO, YA QUE AL SER ALTA LA PRECIPITACIÓN FAVORECE TANTO LA EVAPORACIÓN COMO LA INFILTRACIÓN INCREMENTANDO EL ESCURRIMIENTO Y VICEVERSA.

LAS FIGURAS 13 Y 14 SEÑALAN QUE EL ESCURRIMIENTO NO AUMENTA - AL MISMO TIEMPO QUE LAS PRECIPITACIONES, SINO UN MES DESPUÉS; EN LA ZONA ÁRIDA (CUENCA DEL CONCHOS), EL ESCURRIMIENTO ES IMPORTANTE HASTA JULIO, MIENTRAS EN LA HÚMEDA (CUENCA DEL TULIJÁ), ES EN JUNIO. EL ESCURRIMIENTO COMIENZA UNA VEZ QUE LOS SUELOS HAN ABSORBIDO HUMEDAD Y SE HAN SATURADO, POR ESTO EL ESCURRIMIENTO CONTINÚA AÚN DESPUÉS QUE LAS LLUVIAS HAN CESADO, GRACIAS A LA QUE HA QUEDADO ALMACENADA EN MANTOS SUBTERRÁNEOS.

UNA DIFERENCIA NOTABLE ES LA RELACIÓN PORCENTUAL ENTRE EL VOLUMEN LLOVIDO, PUES EN LA ZONA ÁRIDA REPRESENTA UN PORCENTAJE MÍNIMO, MIENTRAS EN LA HÚMEDA NO SÓLO ES UN ALTO PORCENTAJE (30% MÍNIMO APROXIMADAMENTE), SINO QUE LLEGA A SER SUPERIOR AL VOLUMEN LLOVIDO, COMO OCURRE DE OCTUBRE A MARZO, POR EFECTO DE LA GRAN CANTIDAD ALMACENADA EN LOS MANTOS SUBTERRÁNEOS, LOS QUE PROPORCIONAN EL AGUA SUFICIENTE DURANTE LA DISMINUCIÓN PLUVIAL.

RELACIÓN RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y EVAPORACIÓN.

A LO LARGO DEL AÑO LA EVAPORACIÓN ESTÁ REGIDA PRINCIPALMENTE POR LA TEMPERATURA Y POR LA PRECIPITACIÓN, AUNQUE A SU VEZ CONSTITUYE UN FACTOR IMPORTANTE SOBRE EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO PUES LA ATMÓSFERA ABSORBE HUMEDAD NO SÓLO DE SUPERFICIES ACUOSAS SINO TAMBIÉN DE LAS PLANTAS Y DEL MISMO SUELO, POR TANTO INFLUYEN TAMBIÉN SOBRE EL AGUA SUBTERRÁNEA.

AL LARGO DEL AÑO LA EVAPORACIÓN POTENCIAL SE INCREMENTA ANTES QUE LAS LLUVIAS HACIENDO DISMINUIR Y AUN DESAPARECER EL ESCURRIMIENTO; AL COMENZAR LA TEMPORADA LLUVIOSA LA EVAPORACIÓN EMPIEZA A CEDER Y, CONSECUENTEMENTE, EL AGUA ESCURRIDA PUEDE SER MAYOR SEGÚN LA SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CUENCA QUE SE TRATE.

DE LAS FIGURAS 15 Y 16, DE EVAPORACIÓN Y ESCURRIMIENTO, SE DESPRENDE QUE AQUELLA LLEGA A SUS VALORES MÍNIMOS EN ENERO, CUANDO SE REGISTRAN TAMBIÉN LAS TEMPORADAS MÍNIMAS, EN ESTE MEY HAY TODAVÍA CIERTO ESCURRIMIENTO, SIN EMBARGO SE OBSERVA QUE, EN CUANTO LA EVAPORACIÓN SE INCREMENTA, EL ESCURRIMIENTO DISMINUYE AL MÍNIMO HASTA QUE EL AUMENTO DE LA EVAPORACIÓN SE DETIENE, FENÓMENO QUE COINCIDE CON EL INICIO DE LAS PRECIPITACIONES. EN UNA REGIÓN SECA COMO LA DEL RÍO CONCHOS, DONDE LA EVAPORACIÓN ES FUERTE, EL ABATIMIENTO DE LA EVAPORACIÓN ES MÁS DIFÍCIL, PUES DISMINUYE HASTA AGOSTO, A TRES MESES DE INICIADAS LAS LLUVIAS; MIENTRAS EN UNA REGIÓN TAN HÚMEDA COMO LA CUENCA DE TULIJÁ DONDE LA EVAPORACIÓN ES MUCHO MENOR, EL VALOR DE ÉSTA DECEDE AL MES SIGUIENTE DE INICIADAS LAS LLUVIAS, EN AMBAS ZONAS EL ESCURRIMIENTO SE INCREMENTA AL SEGUNDO MES DE LLUVIAS, Y ALCANZA SU VALOR MÁS ALTO EN EL ÚLTIMO MES DE LLUVIAS IMPORTANTES, CUANDO LA EVAPORACIÓN EMPIEZA A DESCENDER; SE APRECIA TAMBIÉN QUE EN LA REGIÓN ÁRIDA EL ESCURRIMIENTO DECEDE INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE LA TEMPORADA LLUVIOSA POR EFECTO DE LA FUERTE INFLUENCIA DE LA EVAPORACIÓN, QUE SIEMPRE SE MANTIENE CON VALORES ALTOS, MIENTRAS EN LA REGIÓN HÚMEDA EL ESCURRIMIENTO SE MANTIENE MÁS UNIFORMEMENTE POR LA MENOR INFLUENCIA DE LA EVAPORACIÓN, Y LA SATURACIÓN DE LOS MANTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA.

RELACIÓN RÉGIMEN HIDROLÓGICO E INFILTRACIÓN.

LA MEDIDA MÁS APROXIMADA QUE SE PUEDE OBTENER DE LA INFILTRACIÓN ES UN CÁLCULO CONSISTENTE EN LA DIFERENCIA ENTRE PRECIPITACIÓN Y LA SUMA DEL ESCURRIMIENTO Y LA EVAPORACIÓN. DE CUALQUIER MANERA EL AGUA INFILTRADA EN UNA CUENCA GENERALMENTE FORMA PARTE DEL AGUA DE ESCURRIMIENTO SI SE CONSIDERA PARA SU ESTUDIO EL AÑO HIDROLÓGICO, ASÍ EL AGUA QUE ESCURRE EN LA ÉPOCA DE ESTIAJE ES LA QUE CORRESPONDE AL AGUA INFILTRADA EN LA ÉPOCA HÚMEDA ANTERIOR. DE AHÍ QUE LA MANIFESTACIÓN DEL AGUA INFILTRADA DESPUÉS DE LAS LLUVIAS, LLEGA A TRAVÉS DEL ESCURRIMIENTO SUBTERRÁNEO A LA SUPERFICIE.

III. EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y EL CICLO DEL AGUA. CUENCA MAGDALENA=ESLAVA.

EL PROPÓSITO DE ESTA PARTE DEL TRABAJO ES ENCONTRAR LA RELACIÓN QUE EXISTE ENTRE LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE LA CUENCA DE MÉXICO Y EL COMPORTAMIENTO DEL CICLO DEL AGUA, PARA ELLO SE HA ESCUJIDO UNA CUENCA QUE OFRECE AÚN CONDICIONES NATURALES POCO ALTERADAS. SE ANALIZA EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO COMO PARTE DEL CICLO DEL AGUA Y SE ESTIMA EL BALANCE HIDROLÓGICO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE ÉSTE ÚLTIMO.

LA SUBCUENCA DEL VALLE DE MÉXICO EN LA QUE SE HA LLEVADO A CABO ESTA INVESTIGACIÓN ES LA CUENCA MAGDALENA-ESLAVA. SE ESTUDIA EL COMPORTAMIENTO QUE PRESENTAN EN EL TIEMPO Y EN EL ESPACIO, LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL Y ANUAL, TEMPERATURA MÁXIMA, TEMPERATURA MÍNIMA, PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y ANUAL, PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS Y EVAPORACIÓN ANUAL MENSUAL TANTO POTENCIAL COMO REAL, PARA LO CUAL SE ANALIZARON 6 ESTACIONES METEOROLÓGICAS DURANTE EL PERÍODO 1951-1981: AJUNCO, DESIERTO DE LOS LEONES, DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL, MONTEALEGRE, PRESA ANIALCO, LA VENTA, LAS TRES PRIMERAS DENTRO DE LA CUENCA Y LAS OTRAS ALEDAÑAS A ELLA.

LOS AÑOS DE REGISTRO PARA CADA UNA DE ELLAS SE DAN MÁS ADELANTE (FIGURA 17).

EL ANÁLISIS DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y EL CÁLCULO DEL BALANCE HIDROLÓGICO DE LA CUENCA SE HIZO CON BASE EN LOS DATOS DE LA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL QUE CUENTA CON 32 AÑOS DE REGISTRO, DE 1944 A 1975.

PARA EL ANÁLISIS TEMPORAL ADEMÁS DE CONSIDERAR EL PERÍODO 1951-1981, SE DIVIDIÓ LA INFORMACIÓN EN DOS LAPSOS: DE 1951 A 1966 Y DE 1967 A 1981, DADO QUE APROXIMADAMENTE A PARTIR DEL SEGUNDO, SE HAN ALTERADO CON MAYOR RAPIDEZ LAS CONDICIONES NATURALES DE LA SECCIÓN URBANA COLINDANTE. POR OTRO LADO PARA OBSERVAR LAS TENDENCIAS QUE LOS DIVERSOS PARÁMETROS CONSIDERADOS TOMAN CON EL TIEMPO Y SUS INTERRELACIONES SE UTILIZARON LA REGRESIÓN LINEAL Y LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE. EL ANÁLISIS ESPACIAL Y LOS BALANCES HIDROLÓGICOS SE HICIERON POR MEDIO DE MAPAS DE ISOLÍNEAS, YA QUE ESTE MÉTODO RESULTA MÁS CONFIABLE EN LA EVALUACIÓN CORRECTA DE LOS DIVERSOS PARÁMETROS.

LA CUENCA MAGDALENA-ESLAVA, DE 65.5 KM². DE SUPERFICIE SE ENCUENTRA EN EL VALLE DE MÉXICO, EN SU PORCIÓN SUROESTE, ENTRE LAS CUENCAS DE PROVIDENCIA AL NORTE; LA DE AGUA GRANDE AL SUR; Y LA DE TEPONAXTLA Y AGUA SECA AL OESTE. SU FORMA ES APROXIMADAMENTE DE UN TRIÁNGULO ESCALENO DEVEINTICE EN LA DESEMBOCADURA Y BASE EN LA CABECERA, DE 15 KM. DE LONGITUD POR 8-9 KM. DE BASE, ORIENTADO DE SUROESTE A NOROESTE.

LAS CORRIENTES DE LOS RÍOS DEL MAGDALENA-ESLAVA CORREN A LO LARGO DE ELLA, ASARCANDO SUS RESPECTIVAS SUBCUENCAS PRÁCTICAMENTE LA MITAD CADA UNA DE LLAS. EL RÍO MAGDALENA OCUPA LA PORCIÓN NORTE, Y EL ESLAVA LA PARTE SUR AMBOS SE UNEN A UNOS 3 KILÓMETROS DE SU DESEMBOCADURA EN LA PRESA ANIALCO QUE CONTROLA SUS AGUAS Y DESPUÉS LAS DISTRIBUYE POR EL SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

SUS COORDENADAS EXTREMAS SON:

LAT. NDR. 19° 12' 25"
LAT. NDR. 19° 18' 45"
LONG. W. 99° 12' 50"
LONG. W. 99° 20' 30"

LA PARTE ALTA LLEGA A 3 750 M N M., MIENTRAS QUE LA DESEMBOCADA ESTÁ A LOS 2 400, POR LO QUE LA PENDIENTE PROMEDIO ES DE 90 CM. POR CADA 10 METROS, AUNQUE ES MÁS PRONUNCIADA EN LA PARTE DEL MAGDALENA QUE - FLUYE MÁS ENCAJADO Y CON MÁS SALTOS QUE EL ESLAVA.

LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA (FIG.) ESTÁ COMPUESTA PRINCIPALMENTE DE RODAS (ROCAS EXTRUSIVAS, DEL CENOZOICO Y TERCIARIO SUPERIOR LAS RODAS SON ANDESITAS AL DESTE, MARCADAS POR FRACTURAS LONGITUDINALES, POR EL ESTE HAY PRINCIPALMENTE BRECHA VOLCÁNICA BÁSICA DEL CUATERNARIO, RAZON POR LAS QUE LA CONSTITUCIÓN EDAFICA BÁSICA ES DE ANDOSOL, DE CLASE TEXTUAL GRUESA MEDIA, DE MÁS DEL METRO DE PROFUNDIDAD, EL HORIZONTE ADEZO CENTIMETROS CON DRENAJE INTERNO DENSO, DE AHI QUE LAS AGUAS SUPERFICIALES TENGAN UN COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO DEL 10% AL 20%, LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS SON MÁS ABUNDANTES AL ESTE DONDE EL MATERIAL NO CONSOLIDADO FAVORECE SU INFILTRACIÓN (FIG.).

LA CUBIERTA VEGETAL ESTÁ INTEGRADA ESENCIALMENTE POR BOSQUE DE OYAMEL EN LA SECCIÓN DEL MAGDALENA Y PINO EN LA DEL RÍO ESLAVA. AMBOS BOSQUES CUBREN LA SUPERFICIE SUPERIOR A LOS 3000 METROS DE ALTITUD, POR ABAJO DE ELLOS SE HA VISTO SERIAMENTE AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA, PRINCIPALMENTE EN LA PARTE ORIENTAL (FIG.)

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS.

TEMPERATURA.

LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LA CUENCA ES 9°C SIN EMBARGO LAS DIFERENCIAS ALTITUDINALES PROVOCAN QUE EN LA PARTE BAJA (2400 M.S.N.M.) - SEA DE 15°C Y EN LA PARTE SUPERIOR (3400 M.S.N.M.) DE 7. 9°C, REFLEJANDO UN GRADIENTE TÉRMICO DE 1°C POR CADA 125 METROS. EN LA PARTE BAJA LA OSCILACIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA VARÍA DE 12.5°C EN INVIERNO, A 17.8°C EN VERANO, MIENTRAS QUE EN LA PARTE SUPERIOR LA OSCILACIÓN VA DE LOS 5.6 A LOS 9.7°C (FIGURA).

LA TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO DE LA CUENCA ES DE 21° EN LA PARTE ALTA DE 13°C Y EN LA BAJA DE 26°C (FIGURA). LAS MÁXIMAS EXTREMAS SE PRESENTAN EN ABRIL, EN LA PARTE INFERIOR SON HASTA DE 29.5°C, MIEN

TRAS QUE EN LA PARTE ALTA LLEGAN SÓLO A 21,5°C. EL RESTO DEL AÑO LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS TIENEN VALORES DE 25°C Y 16°C, EN LA PARTE BAJA Y ALTA RESPECTIVAMENTE. EL GRADIENTE DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS ES TAMBIÉN DE 1°C POR CADA 125 METROS DE ALTURA.

LA TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO DE LA CUENCA ES DE 1°C DISMINUYE HACIA LA PARTE ALTA DÓNDE OSCILA ENTRE LOS 5°C Y LOS 2°C EN ENERO Y AGOSTO RESPECTIVAMENTE; EN LA PARTE BAJA LAS TEMPERATURAS OSCILAN ENTRE 8°C Y 0,5°C, DE JUNIO A DICIEMBRE (FIGURA). SE PUEDE OBSERVAR QUE LOS VALORES MÍNIMOS EXTREMOS SE PRESENTAN EN DICIEMBRE EN LA PARTE BAJA Y EN ENERO EN LA PARTE ALTA, MIENTRAS QUE LOS VALORES MÍNIMOS MÁS ALTOS SE PRESENTAN EN JUNIO Y AGOSTO, EN LA CABACERA Y LA DESEMBOCADURA RESPECTIVAMENTE.

LA MARCHA ANUAL DE LA TEMPERATURA MÍNIMA ES MÁS UNIFORME EN LA PARTE BAJA, PUES AUMENTA O DISMINUYE SIN INTERRUPCIÓN, MIENTRAS QUE EN LAS PARTES ALTAS, MÁS FRÍAS, DE UN MES AL SIGUIENTE PUEDE NO HABER CONSISTENCIA EN EL INCREMENTO O DECREMENTO DE LAS TEMPERATURAS.

ESTAS ALTERACIONES PUEDEN ESTAR DETERMINADAS POR EL RELIEVE, YA QUE AL SER DE MAYOR EXTENSIÓN ABAJO PUEDE RETENER LA TEMPERATURA AGUANDO COMO TERMOSTATO, O EN CIERTA FORMA, COMO EL AGUA EN REGIONES CONTRAS, MIENTRAS QUE EN LA PARTE ELEVADA, LA MENOR EXTENSIÓN RETIENE MENOS CALOR Y FLUCTÚA MÁS FÁCILMENTE. LO MISMO SUCEDE CON LA MARCHA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL DÍA.

PRECIPITACIÓN.

DENTRO DE LA CUENCA PRECIPITAN ANUALMENTE, EN PROMEDIO, 1 300 MM DE LLUVIA, EN LAS PARTES MÁS ALTAS SE ALCANZAN HASTA 1 500 MM. DISMINUYENDO HACIA LA DESEMBOCADURA HASTA 900 Y 800 MM ANUALES (FIGURA), DE ESTOS VALORES RESULTA UNA VARIACIÓN APROXIMADA DE 65 MM POR CADA 100 METROS DE ALTURA; DADA LA FORMA DE LA CUENCA Y LOS VALORES PLUVIALES, EL MAYOR VOLUMEN DE AGUA SE CAPTA EN LAS PARTES DE MÁS DE 3000 METROS, MIENTRAS QUE, ABAJO DE ESTA COTA SE CAPTA SÓLO UN 20% ($22.612 \times 10^9 \text{ m}^3$), ASÍ MISMO, ENTRE LOS 3550 Y 3750 METROS, ES DECIR EN EL 18% DE LA SUPERFICIE EL VOLUMEN CAPTADO ES EL 50% DEL TOTAL (FIGURA).

EL RELIEVE SE LEVANTA BRUSCAMENTE A PARTIR DE LOS 3 500 METROS APROXIMADAMENTE, ACTUANDO COMO PARED DE RETENCIÓN DE NUBES, CONDICIONANDO DE ESTA MANERA LA ELEVACIÓN PLUVIAL A PARTIR DE TAL ALTURA.

LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS DE LA CUENCA OCURREN EN LA TEMPORADA HÚMEDA, LLEGAN HASTA 35 MM, AUNQUE TIENEN MAYOR FRECUENCIA, EN LA PARTE ALTA QUE EN LA BAJA, FUERA DE LA ÉPOCA LLUVIOSA LAS MÁXIMAS REGISTRADAS EN 24 HORAS APENAS ALCANZAN UN VALOR DE 5 MM.

EL VOLUMEN QUE ESCURRE EN LA ÉPOCA LLUVIOSA REPRESENTA CASI -- EL 80% DEL TOTAL ANUAL QUE PRECIPITA EN 4 ó 5 MESES, MIENTRAS EL RESTO -- DEL AÑO SÓLO RECIBE EL 20%.

EVAPORACIÓN.

SE HAN CONSIDERADO TANTO LA POTENCIAL COMO LA REAL, PARA EL -- CÁLCULO DE ESTA ÚLTIMA SE HA TOMADO COMO PARÁMETROS LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA.

LA EVAPORACIÓN POTENCIAL PRESENTA VALORES ALTOS, CUYO PROMEDIO LLEGA A 1 200 MM, AUMENTA A 1400 EN LA DESHOMBOCABURA Y DISMINUYE HACIA -- LAS PARTES ALTAS HASTA 1 200 Y 1 100 MM ANUALES (FIGURA). EN LAS -- PARTES DE MAYOR EVAPORACIÓN OCURRE TAMBIÉN LA MAYOR OSCILACIÓN YA QUE EN MARZO, MES DE MAYOR TEMPERATURA Y MENOR PRECIPITACIÓN, LA EVAPORACIÓN POTENCIAL LLEGA A MÁS DE 165 MM EN ANZALÓN, LA PARTE BAJA, ZONA DONDE LA -- EVAPORACIÓN ES DE SÓLO 90 MM, DURANTE LOS MESES DE OTOÑO, CUANDO ACABAN -- DE TERMINAR LAS LLUVIAS Y LA TEMPERATURA ES REGULAR. EN LAS PARTES MÁS -- ALTAS, LA OSCILACIÓN ES DE 50 MM, PUES EN MARZO LLEGA A 125 MM Y DICIEMBRE A 70 MM EN INVIERNO (FIGURA). SE OBSERVA TAMBIÉN CIERTA DIFEREN -- CIA EN LA OCURRENCIA DE ESTE FENÓMENO, PUES MIENTRAS EN LA PARTE BAJA LA -- MÍNIMA EVAPORACIÓN OCURRE EN OTOÑO, EN LA PARTE ALTA OCURRE HASTA INVIER -- NO, A CAUSA DE MAYOR INFLUENCIA POR PARTE DE LA TEMPERATURA.

LA EVAPORACIÓN REAL SE CALCULÓ SEGÚN LA FÓRMULA DE QUE NO FUE -- THORNTHWAITÉ PÁG. 2 TURC PARA LOS VALORES ANUALES, EL PROMEDIO DENTRO DE LA CUENCA ES DE 510 MM AUMENTA EN RELACIÓN INVERSAMENTE PROPORCIONAL A UN RITMO DE 10 MM POR CADA 100 METROS, LLEGA A MÁS DE 650 MM EN LA ESTACIÓN -- DESVIACIÓN ALTA Y BAJA A 450 MM EN LA ZONA DE MONTE ALEGRE; LA EVAPORA -- CIÓN PREDOMINANTE ES DE 500-600 MM, QUE CORRESPONDEN A LA SECCIÓN DE LA -- CUENCA COMPRENDIDA ENTRE LOS 2 700 Y 3 400 METROS (FIGURA). LOS VALO -- RES DE LA EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL SE HA CALCULADO SEGÚN THORNTHWAITÉ, -- SEGÚN LO CUAL EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA LA EVAPORACIÓN MEDIA DISMINU -- YE EN INVIERNO HASTA 33 MM AUMENTANDO EN ABRIL A 52 MM EL RANGO DE OSCILA -- CIÓN ES DE 20 MM ANUALES EN LA PARTE ALTA, LA DE MAYOR REGULARIDAD, MIENT -- TRAS EN LAS PARTES BAJAS EL RANGO DE OSCILACIÓN ES DE 30 MM AL AÑO, EN -- INVIERNO LA EVAPORACIÓN EN LAS PARTES BAJAS DISMINUYE HASTA 44 MM Y EN -- PRIMAVERA AUMENTA A 72-73 (FIGURA).

MARCA ANUAL DE LOS FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS DENTRO DE LA CUENCA.

PARA LA OBSERVACIÓN DE LA VARIACIÓN ANUAL DE LOS ELEMENTOS -- ATMOSFÉRICOS ESTUDIADOS SE ANALIZAN LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS SITU -- DAS DENTRO DE LA CUENCA, Y LAS EXTERNAS PARA SERVIR COMO REFERENCIAS.

TEMPERATURA.

LA TEMPERATURA MEDIA TIENE UN COMPORTAMIENTO SEJANTE EN TODAS LAS ESTACIONES. EN ENERO OCURREN LOS VALORES INFERIORES, DE DOCE GRADOS Y CINCO GRADOS CENTIGRADOS, A TRAVÉS DE LOS CINCO CUATRO MESES SIGUIENTES LA TEMPERATURA SE INCREMENTA HASTA ALCANZAR LOS VALORES MÁXIMOS: 17° Y 10° C. EN MAYO, MES AL PARTIR DEL CUAL DISMINUYE LENTAMENTE, MARCANDO UN LIGERO MÁXIMO HACIA EL MES DE SEPTIEMBRE, CUANDO LAS LLUVIAS HAN SESADO DE 16° Y 9° C. LOS RESTANTES MESES DEL AÑO SIGUE DISMINUYENDO HASTA REGRESAR NUEVAMENTE A LOS VALORES MÍNIMOS EN EL MES DE ENERO, LA TEMPERATURA MEDIA, CONSECUENTEMENTE, SE HAYA ARRIBA DEL VALOR MEDIO ANUAL LA MAYOR PARTE DEL AÑO, ESTO ES, DE MARZO A OCTUBRE, EN LOS OTROS CUATRO MESES LA TEMPERATURA SE HAYA POR ABAJO DEL VALOR MEDIO (FIG.).

LA TEMPERATURA MÁXIMA VARÍA A LO LARGO DEL AÑO, DE MANERA PARALELA A LA TEMPERATURA MEDIA; ENTRE DICIEMBRE Y ENERO LLEGA A SU VALOR MÍNIMO, DE 24° Y 16° C, A PARTIR DE ESTE VALOR SE INCREMENTA RÁPIDAMENTE HASTA ABRIL, EN QUE LLEGA EL MÁXIMO ANUAL, DE 29° C. A DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA MEDIA EL VALOR DECRECE RÁPIDAMENTE, EN TRES MESES, DE MAYO A JULIO SE VUELVE A LOS VALORES MÍNIMOS ANUALES, MISMOS QUE SE MANTIENEN PRÁCTICAMENTE IGUALES HASTA ENERO, POR LO TANTO ESTA TEMPERATURA SÓLO SE DISPARA EN CONDICIONES POCO HÚMEDAS (FIGURA).

LA TEMPERATURA MÍNIMA NO MARCHA COMO LAS ANTERIORES, SINO QUE SIGUE UN PATRÓN SIMÉTRICO DURANTE JULIO O AGOSTO SE REGISTRAN LOS VALORES MAYORES, DE 8° Y 2° C. ES DECIR, EN ESTOS MESES LA TEMPERATURA JAMÁS REGISTRA VALORES INFERIORES, A PARTIR DE AGOSTO SE INICIA EL DECREMENTO DE LA TEMPERATURA MÍNIMA A UN RITMO APROXIMADO DE 1° C. POR MES, DE TAL MANNERA QUE EN DICIEMBRE O ENERO SE REGISTRAN LAS MÁS BAJAS ANUALES, DE 0° Y 5° C. TALES TEMPERATURAS NO SE MANTIENEN POR MUCHO TIEMPO, PUÉS INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE OCURRIR COMIENZAN A INCREMENTARSE (FIGURA).

PRECIPITACIÓN.

EL CICLO PLUVIAL SE INICIA ENTRE ABRIL Y MAYO, MESES EN QUE LAS PRECIPITACIONES AUMENTAN GRADUALMENTE HASTA QUE EN JUNIO COMIENZA LA TEMPORADA LLUVIOSA, EN LA QUE PRECIPITAN 175 Y 225 MM. POR MES EN LA PARTE BAJA Y ALTA DE LA CUENCA RESPECTIVAMENTE, EN OCTUBRE DESCENDE BRUSCAMENTE A CERCA DE 50 MM. (FIGURA), PARA DESPUÉS, EN NOVIEMBRE Y DICIEMBRE LLEGAR A LOS VALORES MÍNIMOS DE 25 O MENOS MILÍMETROS MENSUALES. DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA, DE JUNIO A SEPTIEMBRE, PRECIPITA ENTRE EL 70% Y 30% DEL VOLUMEN ANUAL (FIGURA).

LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (FIGURA) PRESENTA LOS VALORES MÍNIMOS EN EL MES DE FEBRERO: LLUVIAS DE ENTRE 2 Y 5 MM. QUE REPRESENTAN ADEMÁS, CASI LA TOTALIDAD DEL MES RESPECTIVO. SE INCREMENTAN A PARTIR DE MARZO HASTA ALCANZAR LOS VALORES MÁXIMOS EN MAYO O JUNIO, VALORES ENTRE 35 Y MÁS DE 40 MM, EN PLENA TEMPORADA LLUVIOSA. A PARTIR DE OCTUBRE LOS VALORES BAJAN, E INMEDIATAMENTE DESPUÉS, EN NOVIEMBRE, SE LLEGA NUEVAMENTE A LOS MÍNIMOS.

EVAPORACIÓN.

LA EVAPORACIÓN POTENCIAL PRESENTA EN DICIEMBRE, MES DE BAJA -- TEMPERATURA LOS VALORES MÍNIMOS, APROXIMADAMENTE 80 MM, SIN EMBARGO SE -- INCREMENTA RÁPIDAMENTE, EN MARZO, MES CÁLIDO Y SECO, CUANDO SE PRESENTAN LOS VALORES MÁXIMOS DEL AÑO, 165 Y 140 MM, EN LA PARTE BAJA Y ALTA DE LA CUENCA RESPECTIVAMENTE.

DURANTE TODA LA PRIMAVERA LA EVAPORACIÓN SE MANTIENE ALTA, A PARTIR DE JUNIO, AL EMPEZAR LAS LLUVIAS Y PERDER PAULATINAMENTE LA ATMÓSFERA SU CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD, DESCENDE LENTAMENTE HASTA DICIEMBRE, A UN RITMO APROXIMADO DE 9 MM. MENSUALES (FIGURA).

LA EVAPORACIÓN REAL, CALCULADA INDIRECTAMENTE, PRESENTA UN PATRÓN DE COMPORTAMIENTO MUY SEMEJANTE AL DE LA TEMPERATURA MEDIA, DE LA CUAL DERIVA. EN ENERO OCURRE EL VALOR MÍNIMO Y A PARTIR DE ENTONCES SE INCREMENTA EN 7 MM. MENSUALES, HASTA MAYO, ALCANZANDO VALORES HASTA DE 70 MM; DECRECE LENTAMENTE (DE 2 A 3 MM. MENSUALES) HASTA OCTUBRE, PARA ENTONCES DISMINUIR FUERTEMENTE DE NOVIEMBRE A ENERO, CASI 5 MM MENSUALES, LLEGANDO DE ESTA MANERA EL VALOR MÍNIMO DE 30 MM.

MARCA DEL ESCURRIMIENTO ANUAL.

EL ESTIAJE EN LA CUENCA SE AGENTÚA MÁS EN EL MES DE ABRIL GENERALMENTE Y, EN MUCHOS AÑOS, PRECISAMENTE LOS MENOS LLUVIOSOS, NO PRESENTA ESCURRIMIENTO ALGUNO LOS PRIMEROS CUATRO MESES DEL AÑO, SINO A PARTIR DE MAYO, INCREMENTÁNDOSE HASTA SEPTIEMBRE, MES EN EL QUE ALCANZA EL MÁXIMO CAUDAL, EL QUE HA LLEGADO HASTA $1,92 \text{ m}^3/\text{s} = 5,000 \times 10^3 \text{ m}^3$ Y EN PROMEDIO ES DE $0.6 \text{ m}^3/\text{s} = 1,748,03 \times 10^3 \text{ m}^3$ (FIGURA), OCTUBRE PRESENTA TAMBIÉN ESCURRIMIENTO IMPORTANTE, MÁS DE $0,38 \text{ m}^3/\text{s} = 1,000 \times 10^3 \text{ m}^3$, EN PROMEDIO PARA CASO EXTINGUIRSE AL SIGUIENTE MES EN QUE DISMINUYE HASTA MENOS DE $0.15 \text{ m}^3/\text{s} = 400 \times 10^3 \text{ m}^3$, SÓLO ESPORÁDICAMENTE CADA 10 AÑOS APROXIMADAMENTE, LOS MESES DE OCTUBRE Y NOVIEMBRE, NO PRESENTAN ESCURRIMIENTO ALGUNO.

LA MARCHA DEL ESCURRIMIENTO A LO LARGO DEL AÑO (FIGURA) SE RETRAZA APROXIMADAMENTE MES Y MEDIO CON RESPECTO A LA MARCHA DE LAS PRECIPITACIONES. ES ESCURRIMIENTO SIGNIFICATIVO, MÁS DE $0,38 \text{ m}^3/\text{s} = 1,000 \times 10^3 \text{ m}^3$, EN JULIO AUNQUE EL ESCURRIMIENTO IMPORTANTE SE PRESENTE EN AGOS TO, SEPTIEMBRE Y OCTUBRE.

EL ESCURRIMIENTO TOTAL ANUAL ES EN PROMEDIO $0,182 \text{ m}^3/\text{s} = 5, --$
 $6714 \times 10^3 \text{ m}^3$, LO QUE REPRESENTA POCO MENOS DEL 5% DE LAS PRECIPITACIONES.

TENDENCIA DE LOS ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS

PARA PODER DETERMINAR O AL MENOS SUPONER QUÉ CARACTERÍSTICAS - SEGUIRÁ EL CICLO DEL AGUA, RESULTA DE ABSOLUTA IMPORTANCIA EL ANÁLISIS - DE LA EVOLUCIÓN TANTO DE LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS, COMO DE LAS PROPIAS - FASES DEL CICLO.

EL NÚMERO DE DATOS NO ES EL MISMO PARA TODAS LAS ESTACIONES, - EN ALGUNOS CASOS EXISTEN DATOS DESDE 1951, MIENTRAS QUE PARA OTRAS ESTACIONES SE TIENEN DE APENAS 7 AÑOS Y NO SE CUENTA CON DATOS ACTUALIZADOS - EN NINGUNA ESTACIÓN (FIGURA). A PESAR DE LA TREMENDA DESIGUALDAD - EN AÑOS DE REGISTRO, EL ANÁLISIS DE TENDENCIAS HA MOSTRADO LA EXISTENCIA DE CICLOS.

EL NÚMERO DE LOS ELEMENTOS SE ANALIZAN USANDO LAS LÍNEAS DE -- REGRESIÓN Y REGRESIÓN MÚLTIPLE, LA DESVIACIÓN TÍPICA Y EL ÍNDICE DE CORRELATIVIDAD; POR SUPUESTO EN LA LÍNEA DE REGRESIÓN SE CALCULA LA PENDIENTE Y EL INICIO DE LA RECTA Y EL FINAL DE LA TENDENCIA QUE PUEDE EXTENDERSE CUÁNTO SE DEBEA A FIN DE HACER EXTRAPOLACIONES.

TANTO LA LÍNEA DE REGRESIÓN COMO LA DE REGRESIÓN MÚLTIPLE SE HAN UTILIZADO PARA CONOCER LA TENDENCIA DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS, CON LA PRIMERA SE HAN ANALIZADO LA GRAN MAYORÍA CONSIDERANDO EL VALOR ANUAL Y EL AÑO SÓLO EN EL CASO DE LA EVAPORACIÓN REAL SE HA USADO LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE, PUESTO QUE CON ELLA SE PUEDEN COMPARAR, AL MISMO TIEMPO, LA INTERDEPENDENCIA ENTRE EVAPORACIÓN REAL Y TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN, DE TAL MANERA QUE SE LOGRA DEFINIR EN QUÉ MEDIDA DEPENDE DE UNA Y DE OTRA; EL RESTO DE LOS FENÓMENOS, DADO QUE TEÓRICAMENTE LOS CONSIDERAMOS MENOS INTERDEPENDIENTES FUERON CONSIDERADOS POR SEPARADO.

LA DESVIACIÓN TÍPICA SE HA UTILIZADO PORQUE PROPORCIONA UN -- UMBRAL DENTRO DEL CUAL SE HALLA LA MAYORÍA DE LOS VALORES ANALIZADOS DE UN ELEMENTO (EL 68.27% DE ELLOS SE HAYAN NORMALMENTE ENTRE $\bar{x} - \sigma$ Y $\bar{x} + \sigma$), -- ELLO INDICA QUE TAN DISPERSOS, O NO, SE ENCUENTRAN Y AL MISMO TIEMPO SIRVE PARA SEÑALAR LOS AÑOS EN QUE TAL O CUAL ELEMENTO TUVO UN COMPORTAMIENTO FUERA DE LO NORMAL. LA DESVIACIÓN TÍPICA ES INTERPRETADA TANTO COMO COMPORTAMIENTO GENERAL DEL ELEMENTO, COMO SUCEDE CON LOS VALORES DE TEMPERATURA, QUE VARIAN DENTRO DE DESVIACIONES CORTAS, MIENTRAS QUE EN LAS TEMPERATURAS EXTREMAS LAS DESVIACIONES SON MAYORES; POR OTRO LADO, COMO DERIVADO LAS LLUVIAS LA DESVIACIÓN DE VALORES SE INTENSIFICA EN LA PARTE SECA DEL AÑO, MIENTRAS QUE EN LA TEMPORADA LLUVIOSA LOS VALORES SE CONCENTRAN.

EL ÍNDICE DE CORRELATIVIDAD (r^2) INDICA LA FORMA EN QUE LOS -- VALORES MARCHAN EN EL TIEMPO, ES DECIR, SI AUMENTAN O NO, EN TALES CIRCUNSTANCIAS EL VALOR DE r^2 VARÍA DE 1 A 0 RESPECTIVAMENTE.

TEMPERATURA.

NO EXISTE REALMENTE UNA TENDENCIA PREDOMINANTE, QUE PUDIERA CONSIDERARSE COMO LA GENERAL, YA QUE SI BIEN SE OBSERVAN PERÍODOS DE 4 Y 6 AÑOS EN LOS QUE HAY UNA TENDENCIA CLARA, ÉSTA CAMBIA AL TERMINAR TAL PERÍODO, DADO COMO RESULTADO UNA IMAGEN ESTABLE AL DARO DE ALGUNAS DÉCADAS, POR LA NIVELACIÓN DE TENDENCIAS. EXISTEN ENTONCES, EN EL COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA, TENDENCIAS TEMPORALES, MISMAS QUE EN CONJUNTO, PUDIERA DECIRSE, FORMAN CICLOS, CUYA LONGITUD, SI SE CONSIDERAN COMO ONDAS, ES DE ENTRE 9 Y 13 AÑOS Y CUYA ALTURA O MARGEN DE VARIACIONES DE ENTRE 2° Y 3° C.

EL ÍNDICE DE CORRELATIVIDAD SEÑALA QUE LA CONTINUIDAD ES MÍNIMA EN CASI TODOS LOS MESES, SÓLO NOVIEMBRE Y DICIEMBRE MUESTRAN QUE AÑO TRÁS AÑO SU EVOLUCIÓN ES MÁS REGULAR LO QUE HA DE ATRIBUIRSE A LA BAJA TEMPERATURA DEL MES Y QUE LA HUMEDAD ES MUY ESCASA (FIGURA).

TEMPERATURA MEDIA.

LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL ES LA DE TENDENCIA MÁS UNIFORME DE TODAS, SI BIEN PRESENTA UNA TENDENCIA DESCENDENTE ÉSTA ES CASI NULA EN LA DESEMBOCADURA Y UN POCO MAYOR EN LAS PARTES ALTAS DE LA CUENCA. CON RESPECTO A LAS TENDENCIAS MENSUALES EN GENERAL SUCEDE ALGO SIMILAR, SALVO EN LOS MESES DE MAYO Y ABRIL, EN LOS QUE PREDOMINA EL DESCENSO MARCADO Y CONTINÚO DE LA TEMPERATURA, EL RESTO DE LOS MESES DE LA ÉPOCA CÁLIDA PARECEN INSINUAR CIERTA TENDENCIA DESCENDENTE, MIENTRAS QUE LOS FRIOS SON PERFECTAMENTE ESTABLES.

ES NOTORIO QUE A LO LARGO DE VARIOS AÑOS LOS MESES DE MAYOR REGULARIDAD SON LOS HÚMEDOS.

TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA.

AMBAS TEMPERATURAS REGISTRAN UN COMPORTAMIENTO SIMILAR EN CASI TODA LA CUENCA: LAS TEMPERATURAS ALTAS TIENDEN A DISMINUIR Y LAS BAJAS A AUMENTAR. TAL COMPORTAMIENTO SE INCREMENTA EN LAS PARTES ALTAS, DONDE LA DISMINUCIÓN DE LA EXTREMOSIDAD ES MAYOR, TAMBIÉN SE OBSERVA QUE EN LOS MESES FRIOS DEL AÑO SE ACENTÚAN LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS, POR OTRO LADO, LOS MESES CÁLIDOS PRESENTAN DISMINUCIÓN MÁS MARCADA DE LAS TEMPERATURAS ALTAS, EN OTRAS PALABRAS LOS MESES FRIOS TIENDEN A HACER MENOS FRIOS Y LOS CÁLIDOS MENOS CÁLIDOS A UN RITMO DE 2° C. EN 20 AÑOS. EL COMPORTAMIENTO DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS SE ESTABILIZAN DURANTE LA TEMPERATURA LLUVIOSA, ÉPOCA EN QUE AMBAS TEMPERATURAS EXTREMAS SE MANTIENEN UNIFORMES CON VALORES MEDIOS CONTINUOS (FIGURA).

PRECIPITACIÓN MEDIA.

ES EL FENÓMENO ATMOSFÉRICO DE COMPORTAMIENTO MÁS CLARO, PORQUE EN TODAS LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA SE MARCA UNA

TENDENCIA ASCENDENTE QUE SE AGENTÓA DURANTE LOS MESES LLUVIOSOS Y HACIAS LAS PARTES ALTAS. POR OTRA PARTE DEL ANÁLISIS DE 20 Y 30 AÑOS SE OBSERVAN CICLOS QUE TIENEN A AUMENTAR Y DISMINUIR EN RITMO DE APROXIMADAMENTE 10 Y 13 AÑOS, CON VARIACIONES DE 150 A 200 MM ANUALES. ASÍ COMO LA TEMPERATURA, LA PRECIPITACIÓN SE COMPORTA CON MAYOR REGULARIDAD EN LA ÉPOCA LLUVIOSA, DURANTE LA CUAL LOS VALORES SON UNIFORMES. FUERA DE ESA TEMPORADA LA CANTIDAD PRECIPITADA VARÍA ENORMEMENTE, PUES EL VALOR DE LA DESVIACIÓN TÍPICA ALCANZA Y AÚN LLEGA A DUPLICAR EL VALOR DE LA MEDIA MENOR, SI LA PRECIPITACIÓN MEDIA DE FEBRERO ES DE 10 MM, PUEDE DE UN AÑO AL SIGUIENTE PASAR DE 3 MM A 33 MM, MIENTRAS QUE EN LA ÉPOCA LLUVIOSA LA DESVIACIÓN TÍPICA ES MUY INFERIOR AL VALOR MEDIO, SI ÉSTE ES DE 150 MM EN JULIO, LA PRECIPITACIÓN MEDIA DE ÉSTE MES NO SE DISPERSA EN MÁS DE 30 MM DE UN AÑO AL OTRO (FIGURA ...).

LA TEMPORADA LLUVIOSA TIENDE A EXTENDERSE EN EL AÑO (FIG. YA QUE TANTO EL PRINCIPIO COMO EL FINAL DE LA TEMPORADA SE VAN AMPLIANDO NOTORIAMENTE. ÉSTE FENÓMENO SE OBSERVA CON MAYOR CLARIDAD EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS.

EN GENERAL SU COMPORTAMIENTO ES ESTABLE, SI BIEN DEJA VER UNA LIGERA TENDENCIA DESCENDENTE, ÉSTA ES MÍNIMA Y TEMPORAL. EXISTEN CIERTAS OSCILACIONES CICLICAS CUYA LONGITUD ES SEMEJANTE A LA DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL, ENTRE 11 Y 13 AÑOS Y ENTRE 8 Y 10 MM DE VARIACIÓN DE LA ALTURA LA DESVIACIÓN TÍPICA ES SIMILAR A LA DE OTROS FENÓMENOS, AUMENTA EN ÉPOCA SECA Y DISMINUYE Y SE ESTABILIZA CON LAS LLUVIAS.

EVAPORACIÓN MEDIA ANUAL.

SU TENDENCIA GENERAL ES ASCENDENTE, INCREMENTÁNDOSE EN MÁS DE 2 MM ANUALES EN LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DONDE SU VALOR ES MAYOR, MIENTRAS QUE EN LAS PARTES ALTAS EL INCREMENTO ES LIGERAMENTE SUPERIOR A CERO. DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE SE DESPRENDE QUE EL COMPORTAMIENTO DE LA EVAPORACIÓN ESTÁ MÁS LIGADO A LA PRECIPITACIÓN QUE A LA TEMPERATURA, PUES MIENTRAS UN GRADO DE VARIACIÓN DE ÉSTA HACE AUMENTAR EN 3 MM LA EVAPORACIÓN, LAS VARIACIONES DE 100 MM EN LA LLUVIA HACEN QUE LA EVAPORACIÓN SE ALTERE MÁS DE 20 MM, ADEMÁS LAS VARIACIONES EN LA LLUVIA DE LA CANTIDAD MENCIONADA SON MÁS NORMALES QUE LOS DE LA TEMPERATURA; ÉSTA RELACIÓN ENTRE LA EVAPORACIÓN Y LA PRECIPITACIÓN ES MAYOR EN LAS PARTES MÁS CÁLIDAS (DE TEMPERATURA MEDIA CERCANA A 15°), MIENTRAS QUE EN LAS ZONAS FRÍAS (TEMPERATURA MEDIA MENOR A 10° C). ES MENOR, AL GRADO QUE EN LAS PARTES ALTAS SE HACE EQUIVALENTE A LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA, YA QUE 100 MM DE PRECIPITACIÓN APENAS ALTERAN EN MENOS DE 10 MM LA EVAPORACIÓN.

LA RELACIÓN ENTRE LA EVAPORACIÓN REAL Y LA TEMPERATURA Y LA PRECIPITACIÓN ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL, PUES AUMENTANDO EL VALOR DE CUALQUIERA DE LOS FACTORES SE INCREMENTA EL DE LA EVAPORACIÓN.

A PESAR DE LA TENDENCIA A AUMENTAR DE LA EVAPORACIÓN, EL EFECTO QUE SE PRODUCE EN LA MEDIA ES MÍNIMO, PUES SU VALOR AUMENTA LENTAMENTE.

TE, APEÑAS 0.2% AL AÑO (FIGURA).

TENDENCIA DEL ESCURRIMIENTO.

CONSIDERANDO LA CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA POCO FAVORABLE A LA INFILTRACIÓN, EL ESCURRIMIENTO SÓLO ALCANZA EL 10 AL 20% DE LA PRECIPITACIÓN, TOMANDO EN SU CONJUNTO EL PERÍODO 1951-75, EL COMPORTAMIENTO DEL ESCURRIMIENTO ES PRÁCTICAMENTE ESTABLE, SI BIEN DISMINUYE ANUALMENTE --- 0.023 m³/SEG (73.7X10³m³) EN 1951 A 0.1455 m³/SEG (4581.39X10³m³) EN --- 1980. SIN EMBARGO LOS ANÁLISIS PARCIALES INDICAN QUE EXISTEN LAS SIGUIENTES TENDENCIAS CÍCLICAS: DE 1951 A 1965 EL ESCURRIMIENTO MEDIO DE 0.1858 m³/SEG (5862 X 10³ m³) LIGERAMENTE ALTO, SE INCREMENTABA APENAS EN UN --- 0.27% ANUALMENTE (0.0005 12m³/SEG) MIENTRAS QUE LA TENDENCIA DEL PERÍODO SIGUIENTE, 1966-75, INDICA UN COMPORTAMIENTO TOTALMENTE DISTINTO, PUES LA MEDIA AÚN SUPERIOR 0.1735 m³/SEG (5473.92 X 10³ m³) SUFRIÓ UNA DISMINUCIÓN DE 4.83%.

LA FALTA DE DATOS (SE SUSPENDIÓ SU REGISTRO EN 1975), HA IMPEDIDO CONTINUAR EL ANÁLISIS DIRECTO, AUNQUE ES PREVISIBLE SU AUMENTO A --- PARTIR DEL FINAL DE LA DÉCADA DE LOS SETENTAS, DEBIDO AL AUMENTO DE LAS LLUVIAS UNA VEZ QUE ALCANZEN SU ÚLTIMO CÍCLICO. CASUALMENTE EL 27 DE --- AGOSTO DE 1984 EL RÍO MAGDALENA DESBORDÓ E INUNDÓ UNA GRAN PARTE DE LA DELEGACIÓN POLÍTICA DEL MISMO NOMBRE, FENÓMENO QUE CORROBORA EL QUE LA --- CORRIENTE HABRÍA DE AUMENTAR, POR ESTAR SOBRECARGADA, PROBABLEMENTE, A AUMENTOS CÍCLICOS, COMO LA PRECIPITACIÓN DE LA QUE DEPENDE ESENCIALMENTE.

SE OBSERVA QUE EL ESCURRIMIENTO VA ATRASADO MES Y MEDIO CON --- RESPECTO A LA LLUVIA A LO LARGO DEL AÑO, Y ENTRE 1 Y 2 AÑOS CON RESPECTO A LA MARCA CÍCLICA DE LA LLUVIA, DEPENDE LO ANTERIOR DEL GRADO DE SEQUE DAD DEL SUBSUELO DE LA CUENCA, POR LO QUE UN AÑO, A PESAR DE SER LLUVIOSO SÓLO RECORDA LOS MANTOS ACUÍFEROS Y ES HASTA EL SIGUIENTE QUE LA CUENCA PERMITE EL ESCURRIMIENTO, UNA VEZ QUE SE HA SATURADO EL SUBSUELO Y --- HACE DISMINUIR LA INFILTRACIÓN.

BALANCE HIDROLÓGICO GENERAL DE LA CUENCA, 1951-65; 1951-81; 1966-81.

EN BASE A LOS DATOS EXISTENTES, DE PRECIPITACIÓN, EVAPORACIÓN Y ESCURRIMIENTO SE HAN CALCULADO LOS BALANCES HIDROLÓGICOS PARA CADA UNO DE LOS AÑOS DEL PERÍODO 1951-81, SÓLO PARA LOS AÑOS 1976-81 SE HAN TENIDO QUE CALCULAR INDIRECTAMENTE LOS VOLUMENES ESCURRIDOS, DETERMINANDO --- PARA ELLO EL PORCENTAJE QUE REPRESENTAN DE LAS LLUVIAS ANUALMENTE. LOS RESULTADOS POR PERÍODOS PRETENDEN MOSTRAR LA FORMA EN QUE LOS BALANCES --- SE COMPORTABAN Y COMPORTAN ACTUALMENTE, EL TOTAL 1951-81, SIRVE COMO MAR CO DE REFERENCIA GENERAL.

LA FÓRMULA EMPLEADA PARA EL BALANCE HIDROLÓGICO ES LA SIGUIENTE:

$$P = E + I + O$$

DONDE P=PRECIPITACIÓN; E= EVAPORACIÓN; I=INFILTRACIÓN; Q=ESCURRIMIENTO.
 DE ACUERDO CON LOS VALORES CALCULADOS DE LA FÓRMULA ANTERIOR LOS RESULTADOS PARA CADA PERÍODO SON LOS SIGUIENTES:

1951-65

$$87\ 893.96 = 36\ 646 + 45\ 385 + 5\ 862.92$$

1966-81

$$88314.03 = 37328 + 45\ 538 + 5\ 446.90$$

1951-81

$$88\ 051.96 = 36\ 919 + 45\ 446 + 5\ 696.51$$

(FIGURA).

DE LOS RESULTADOS ANTERIORES, GRAFICADOS EN LA FIGURA 39, SE INFIEREN ALGUNOS HECHOS HIDROLÓGICOS: EN PRIMER LUGAR LA PRECIPITACIÓN PARECE HABER AUMENTADO EN EL PERÍODO 1966-81; LA EVAPORACIÓN, QUE REPRESENTA EL 40% DE LA PRECIPITACIÓN PARA 1951-81, SE HA MANTENIDO EN ESTE VALOR RELATIVO, INCREMENTÁNDOSE, DE 1966 A 81; LA INFILTRACIÓN QUE REPRESENTA EL 50% CON RELACIÓN A LA LLUVIA, SE HA MANTENIDO CON EL MISMO VALOR; EL ESCURRIMIENTO QUE CONSTITUYE CERCA DEL 5% ES EL ÚNICO ELEMENTO DEL BALANCE QUE HA SUFRIDO DISMINUCIÓN.

LA INFILTRACIÓN, DETERMINADA INDIRECTAMENTE MEDIANTE EL BALANCE HIDROLÓGICO, MUESTRA UN COMPORTAMIENTO PARALELO AL DE LA PRECIPITACIÓN, AUMENTANDO O DISMINUYENDO EN RELACIÓN DIRECTAMENTE PROPORCIONAL, DE DONDE SE DEDUCE QUE ES EL ELEMENTO SUPERFICIAL MÁS DIRECTAMENTE VINCULADO A LAS LLUVIAS. EN LAS CIRCUNSTANCIAS LOCALES DEBIDO A LA CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA QUE FAVORECE LA RÁPIDA RECIRCULACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.

V. CONCLUSIONES.

DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PRESENTE TRABAJO SE DESPREN-
DEN LAS SIGUIENTES CONCLUSIONES DEGRADACION PARTICULARES:

LA PRINCIPAL ZONA DE CAPTACION DE AGUAS DE LA CUENCA ESTÁ EN-
TRE LOS 3 500 Y LOS 3 750 METROS DE ALTITUD, REPRESENTA EL 18% DE LA SU-
PERFICIE Y CAPTA EL 50% DE LAS LLUVIAS, POR LO QUE ESTA ZONA ES, POTEN-
CIALMENTE, LA MÁS IMPORTANTE DE REGULACIÓN, ES DECIR, DONDE MAYOR CUIDA-
DO SE DEBE TENER PARA EVITAR SU DEGRADACION Y CONSECUENTE PÉRDIDA DE CA-
PACIDAD DE RETENCION.

LA TEMPORADA LLUVIOSA DE JUNIO Y AGOSTO ES LA PRINCIPAL PARA-
ABASTECIMIENTO DE AGUA, PUES DURANTE LA MISMA PRECIPITA EL 80% DE LAS --
LLUVIAS.

EL COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA ES, EN TÉRMINOS GENERALES,
ESTABLE, SALVO EN LO REFERENTE A LAS TEMPERATURAS EXTREMAS, TANTO MÍNII-
MAS COMO MÁXIMAS, LAS CUALES SE VAN REGULANDO O DISMINUYENDO EN EXTREMO-
SIDAD, ELLO DEBIDO POSIBLEMENTE AL CRECIMIENTO DE LA MANCHA URBANA, POR
UN LADO, LO QUE INCREMENTA EL CALOR Y, POR OTRO LADO, LA HUMEDAD ATMOSFÉ-
RICA A LO LARGO DE LOS AÑOS QUE IMPIDE EL DESCENSO EXCESIVO DE LA TEMPE-
RATURA.

LA PRECIPITACION A LO LARGO DEL AÑO Y DE LOS AÑOS, PRESENTA --
UN COMPORTAMIENTO CÍCLICO, POR LO CUAL APARENTA DISMINUIR EN OCASIONES, --
SIN EMBARGO, CADA DIEZ O TRECE AÑOS TAL TENDENCIA SE REVIERTE ALCANZANDO-
POR DOS O TRES AÑOS VALORES TAN ALTOS COMO AL INICIO DEL CICLO, POR LO --
QUE LA EVALUACION DE ÉSTAS DEBE CONSIDERAR PERÍODOS DE POR LO MENOS 25 --
AÑOS, PARA FINES DE EXPLOTACION. DE ESTE COMPORTAMIENTO DESPRENDE LA --
SUSPOSICION DE LA EXISTENCIA DE UN CIERTO OLEAJE ATMOSFERICO, EL CUAL --
PROVOKA QUE EN DETERMINADAS ZONAS LA PRESION ATMOSFERICA SE VAYA INCRE-
MENTANDO, LENTAMENTE, AÑO CON AÑO, IMPIDIENDO EL PASO NORMAL DE LA HUME-
DAD, AVUNQUE AL LLEGAR A CIERTO UMBRAL DE PRESION SE ROMPA Y DE LUGAR AL
FLUJO NORMAL O MAYOR DE LAS MASAS DE AIRE Y ELAUMENTO DE LAS LLUVIAS.

LA EVAPORACION REAL ES EL ÚNICO ELEMENTO QUE EN GENERAL SE IN-
CREMENTA DEBIDO A LA DISMINUCION DE LA VEGETACION NATURAL Y EL AUMENTO --
DE LA MANCHA URBANA.

EL ESCURRIMIENTO, AL DEPENDER EN MAYOR PROPORCION DE LAS LLU-
VIAS, TAMBIÉN ES CÍCLICO, POR LO QUE NO PUEDE CONSIDERARSE QUE VAYA DEBA-
PARECIENDO, PUES AL IGUAL QUE LAS LLUVIAS, VUELVE A AUMENTAR CADA DIEZ --
O TR CE AÑOS.

SEGUN EL BALANCE HIDROLÓGICO EL DESTINO FINAL DEL MAYOR VOLÚ-
MEN DE AGUA ES LA INFILTRACION, LA CUAL, AL NO MANIFESTARSE EN EVAPORA-
CION NI ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES, TENGA POR DESTINO ESCURRIR EN FOR-
MA SUBTERRÁNEA HACIA EL VALLE DE MÉXICO, Y POR LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA --
EN DIRECCION NOR-NORESTE.

ANÁLISIS TÉCNICO DEL NIVEL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL VALLE DE MEXICO
P. LARSEN FOR EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS DEL ICA

DEL ANÁLISIS TEÓRICO DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO RESULTÓ QUE SU RELACIÓN CON EL CICLO DEL AGUA PUEDE OBSERVARSE AL COMPARAR LA MARCHA DE ÉSTE CON LA DE LOS ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS, Y QUE EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO POR SÍ MISMO REVELA LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS GENERALES DE LA CUENCA.

DEL ANÁLISIS TEMPORAL DE LOS ELEMENTOS ATMOSFÉRICOS MOSTRO QUE EN GENERAL ÉSTOS PRESENTAN COMPORTAMIENTOS CÍCLICOS REGULARES, DE APROXIMADAMENTE 10 A 13 AÑOS DE DURACIÓN, LO CUAL NIEGA QUE ALGUNO DE ELLOS TIENDA A DISMINUIR O INCREMENTARSE PERMANENTEMENTE, SALVO EN EL CASO DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS QUE SE VAN SUAVIZANDO.

EN RESUMEN EL CICLO DEL AGUA EN LA CUENCA SE COMPORTA NORMALMENTE, DICHO COMPORTAMIENTO HA REGISTRADO CICLOS DE AUMENTO Y DESCENSO QUE DURAN DIEZ A TRECE AÑOS Y QUE SE SUCEDEN DESDE HACÉ, POR LO MENOS 35 AÑOS, POR LO QUE NO PUEDE CONSIDERARSE ALTERADO AÚN, POR LO TANTO HAN DE MANTENERSE LAS CONDICIONES NATURALES DE LA CUENCA LO MENOS ALTERADAS POSIBLES, PARA EVITAR QUE SE ROMPA EL EQUILIBRIO ORIGINAL DEL CICLO HIDROLÓGICO EN LA CUENCA EN CUESTIÓN, CICLO QUE HASTA AHORA ES CAPAZ DE MANTENER UNA IMPORTANTE CUBIERTA VEGETAL Y ABASTECER DE AGUA UNA PARTE IMPORTANTE DEL SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ARENAL, R. DEL C. COMITE NACIONAL MEXICANO PARA EL DECENTIO HIDROLOGICO INTERNACIONAL. MEXICO, UNAM-CNMDHI (MEMORIA 1972-1974). 55 p.
- BETHMONT, JACQUES. "GEOGRAFIA DE LA UTILIZACION DE LAS AGUAS CONTINENTALES" ESPAÑA, O IXOS TAN, 1980 435 pp.
- EL CORREO DE LA UNESCO, PUBLICACION MENSUAL DE LA UNESCO, FEBRERO 1981, AÑO XXXIV.
- EL CORREO DE LA UNESCO, SEBRERO 1978, AÑO XXI. PUBLICACION MENSUAL DE LA UNESCO.
- EL CORREO DE LA UNESCO, PUBLICACION MENSUAL DE LA UNESCO, JULIO 1977, - AÑO XXX.
- CRAWFORD, N.H. AND LINSLEY, R.K., "A CONCEPTUAL MODEO OF THE HYDROLOGIA CYCLE, INTERNACIONAL ASSOCIATION OF SCIENTIFIG HYDROLOGY, PUB. No. 63, - (1963), PP. 573-587.
- CRAWFORD, N. H. AND LINSLEY, RK, ESTIMATE OF THE HYDROLOGIC RESULTS OF- RAINFALL AUGMENTATION". JOURNAL OF APPLIED METEROLOGY Vol. 2, No. 3 --- (JUNE, 1963) PP. 426-427.
- DAVIS, S. N. Y WIEBT R.J.M. DE "HIDROLOGIA" ESPAÑA, BARCELONA, ARIEL, 1971 563 pp.
- DROZDOV, O.A. (DATOS SOBRE EL CICLO HIDROLOGICO EN EL TERRITORIO EURO-- PES DE LA URSS Y EL ASIA CENTRAL) REVISTA DE OBSERVATORIO GEOFISICO --- CENTRAL, No. 45 (107). 1954 (EN RUSO)
- E.E.U.U. DEPARTAMENT OF AGRICULTURA? AGUA. SU APROVECHAMIENTO EN LA -- AGRICULTURA MEXICO, HERRERO, 1966 813 pp.
- FURON, RAYMOND. "EL AGUA EN EL MUNDO ESPAÑA? LADRID? ALIANZA 1967 255- PP.
- GIRINGER A. DESERTIFICATION, G. BRETAÑA, EASTHSEAN, 1932. 96 pp.
- HOLZMAN, B. Y THORNTWAITE, "ANEW INTERPRETATION OF THE HIDROLOGIC CYCLE" TRANO, AMER, GEON, UNION, 19 11 (1938)
- LEOPOLD, LUNA B. "WATER, A PRIMER". E.U.A. FREEMAN AND Co. 1974 172 p.
- LINSLEY, R.K. KOHLER M.A. PAUCHUS J.L.H., "HIDROLOGIA PARA INGENIEROS". MEXICO, Mc. GRAW-HILL, 2o ED. 1981 386 pp.

LOHMAN, S.W. HIDRAULICA SUBTERRANEA. ESPAÑA, ARIEL, 1977 191 p. más -
MAPAS Y ESQUEMAS.

MEDEREY RASCON, L.E. "EL AGUA DE ESCURRIMIENTO EN LA REPUBLICA MEXICANA"
MÉXICO, UNAM-INSTITUTO DE GEOGRAFIA, 1977 49 pp.

MADEREY, RASCON, L.E. "AGUAS SUBTERRANEAS EN MEXICO" MÉXICO UNAM-INSTI-
TUTO DE GEOGRAFIA, 1967 77 pp. más MAPAS.

MADEREY, RASCON, L.E. "BALANCE HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO TIZAR -
DURANTE EL PERIODO 1967-1968" MÉXICO-UNAM INSTITUTO DE GEOGRAFIA ---
1972 133 pp.

MATEU, BERNIS J. LAS AGUAS CONTINENTALES. ESPAÑA, JOVER, 1980 s/n. p.

MO, INTYRE, MICHAEL P. "PHYSICAL GEOGRAPHY" THIRD EDITION. E.U. NEW --
YORK, JOHN WILEY & SONS, 1980 pp.

OFICINA DE EDUCACIÓN IBEROAMERICANA. RECURSOS NATURALES. ESPAÑA, OEI-
PROMOCIÓN CULTURAL, 1975. 178 p.

ONCLEY, EDWIN D. "INTRODUCTION TO THE PHYSICAL LANDSCAPE; WATER SHEDS
AND PLUVIAL SYSTEMS. CANADÁ QUEEN'S UNIVERSITY, 1976 52 pp.

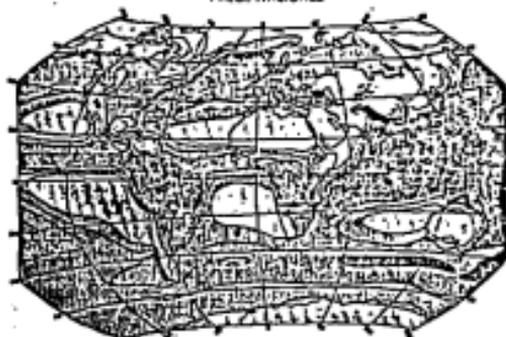
PRESS, FRANK COMP, "PLANET EARTH; READING FROM SCIENTIFIC-AMERICAN" -
E.E.U.U. W.H. FREEMAN AND COMPANY, 1974 303 pp.

SAUNDERS, R.J. Y WAFORS, J.-J. "AGUA PARA ZONAS RURALES Y PUEBLADOS" --
(ECONOMIA Y POLITICA EN EL MUNDO EN DESARROLLO). ESPAÑA, MADRID, ---
TECNOS, 1977 271 pp.

SEWELL, DERRICK W.R. "HUMAN DIMENSIONS OF WEATHER MODIFICATION" E.U.-
UNIVERSITY OF CHICAGO, DEPT. GEOGRAPHY R.P. No. 105. 1966 423 p.

TROMBE, FÉLIX. LAS AGUAS SUBTERRANEAS. ESPAÑA, OIKOS-TAU, 1978 134
p. Bds.

PRECIPITACIONES



Precipitaciones anuales en mm

7



FIGURA 9

Tasa de infiltración media en milímetros por minuto según la naturaleza de la superficie de recepción (según Akasiev)

Terrazo impermeable, rocas no filtradas, asfalto	0 - 003
Arcilla, suelos alcalinos arcillosos	02 - 03
Chernozem, suelos podzólicos, suelos forestales	03 - 06
Suelos castaño claro	07 - 08
Chernozem arenoso-arcillosos, Chernozem, suelos arenoso-arcillosos podzólicos	10
Suelos pardos, suelos castaño oscuro, suelos cubiertos de maleza	12
Arenas puras no cubiertas, arenas turbosas, bosques	15
Arenas no cementadas arenizadas a erosión eólica; bosque de coníferas sobre suelo arenoso	20 y más

FIGURA 10

Descubrimiento y acondicionamiento del agua

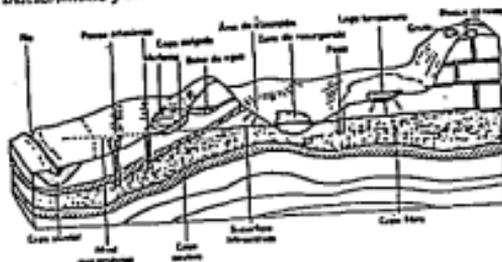
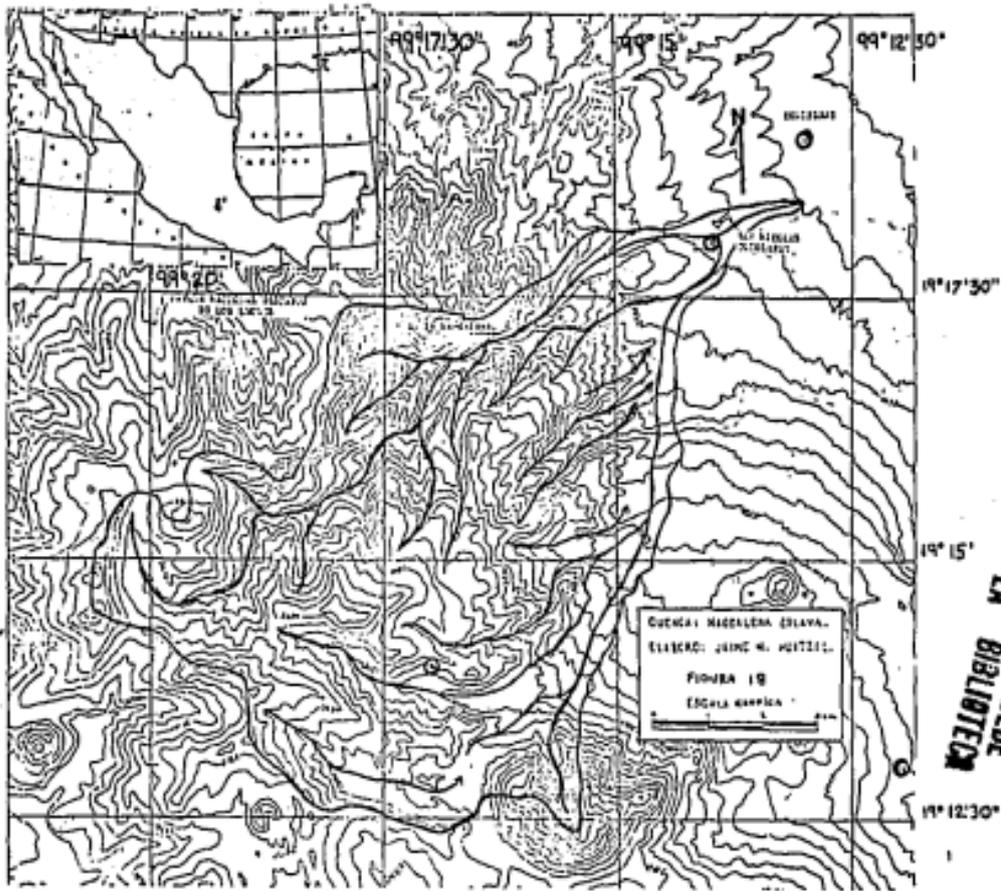


FIGURA 11

FUENTE : BETHEMONT



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA
BIBLIOTECA

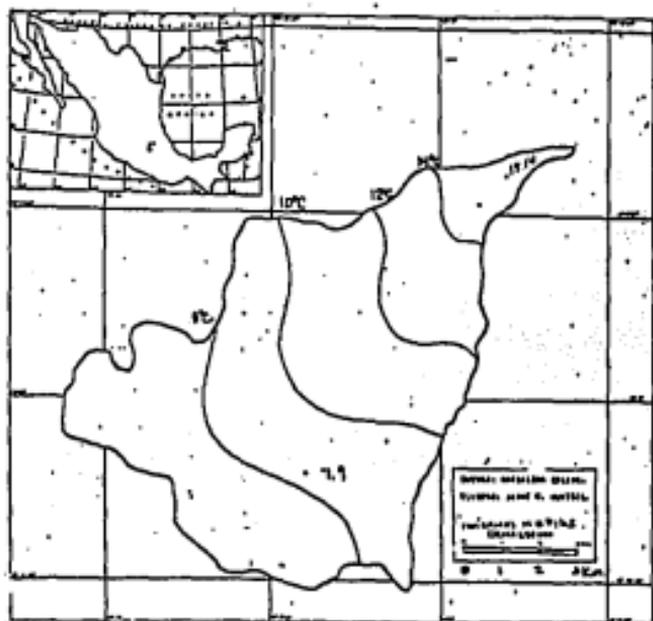


FIGURA 19

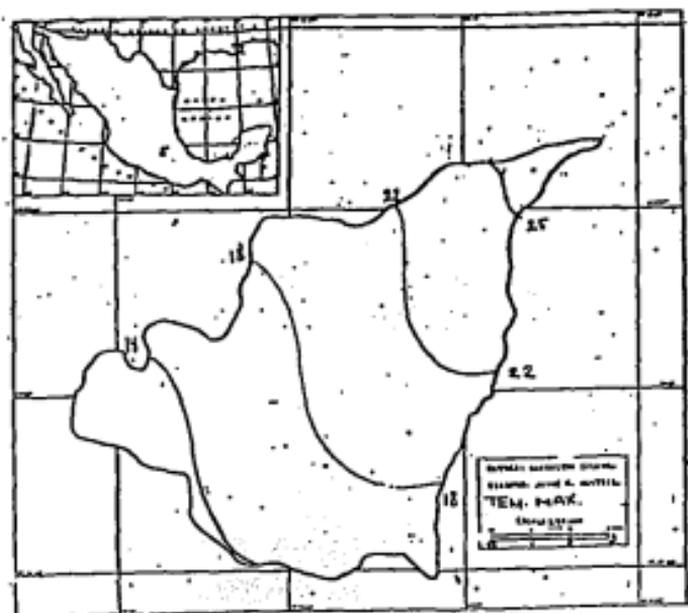


FIGURA 20

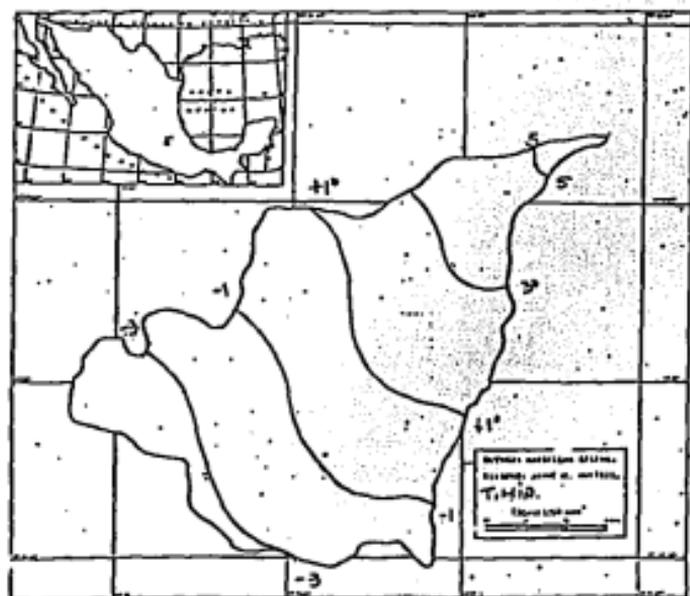


FIGURA 21

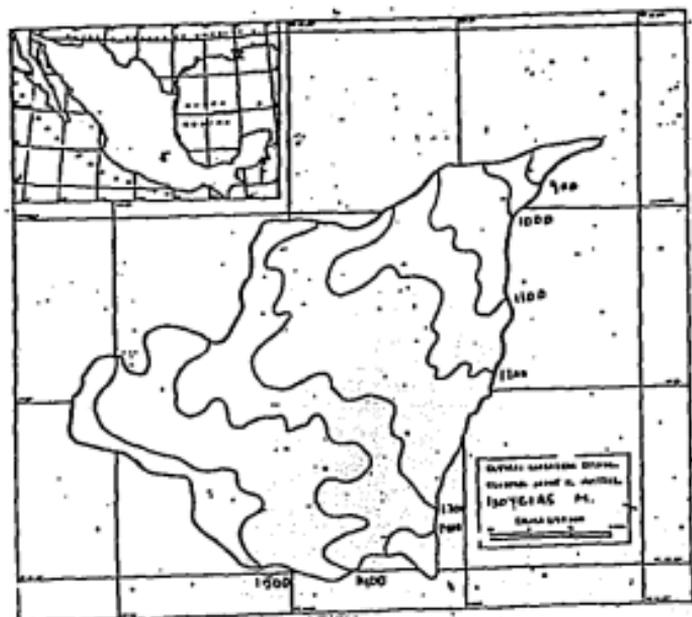
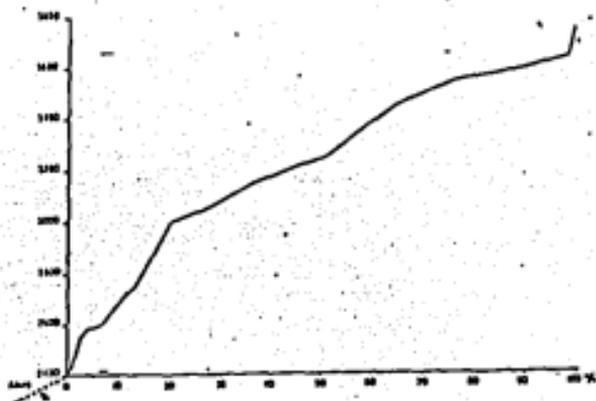


FIGURA 22



BRUCE "PROBLEMS 2314"
 PROBLEMS, STEPHEN PROBLEMS,
 No. 4200

FIGURA 23

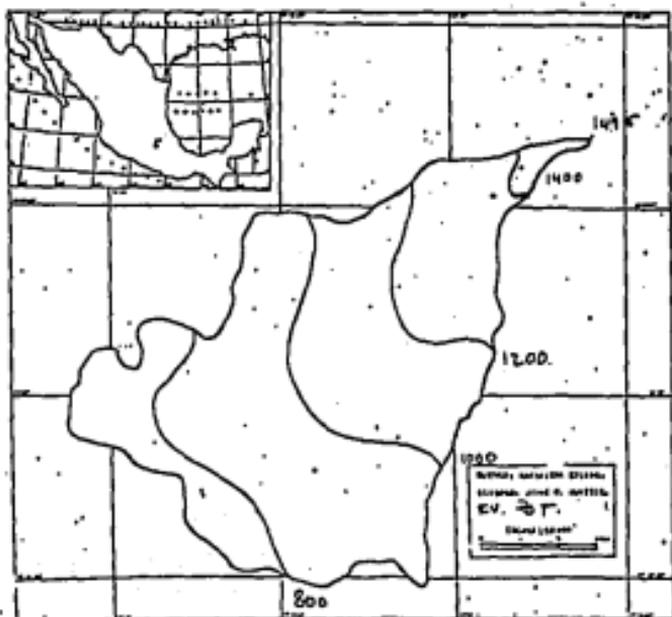


FIGURA 24

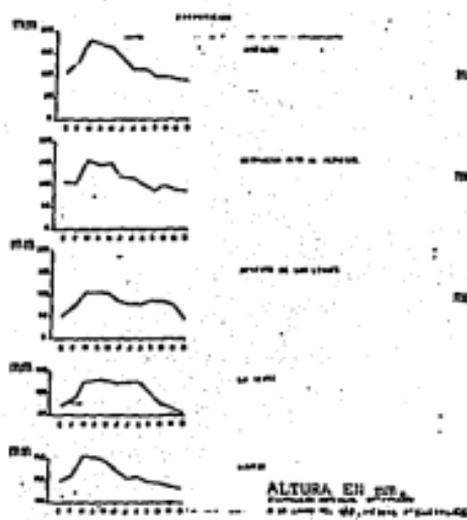


FIGURA 25

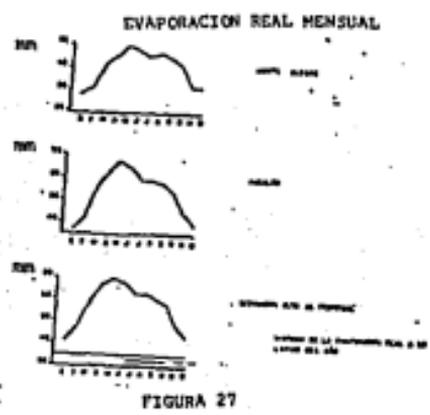


FIGURA 27

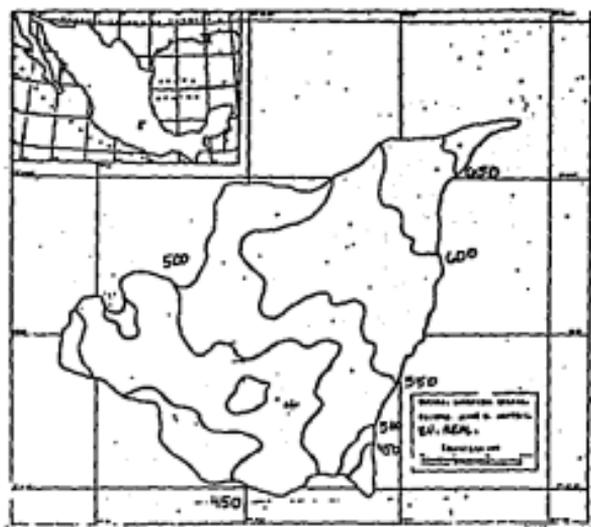


FIGURA 26

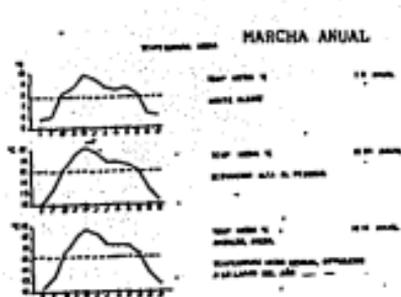


FIGURA 29

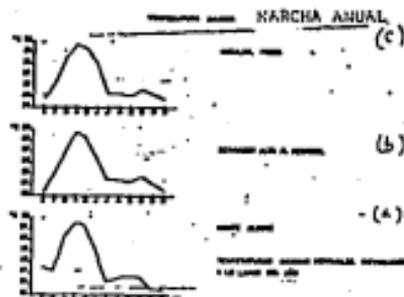


FIGURA 30

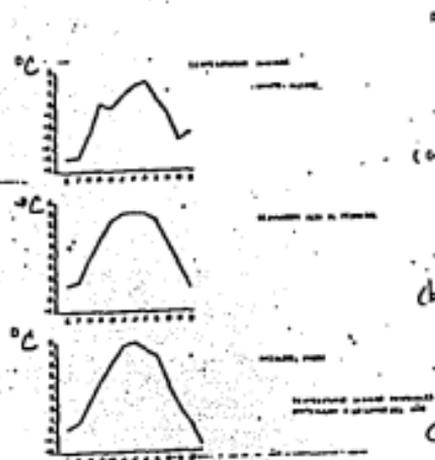


FIGURA 31

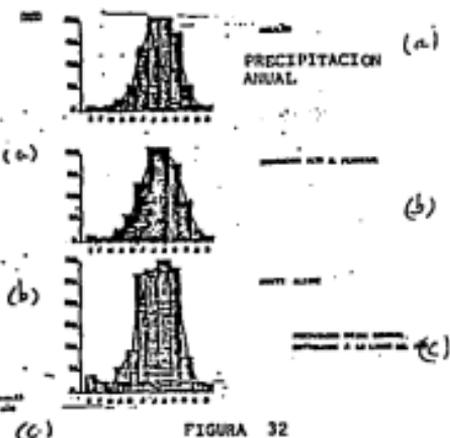


FIGURA 32

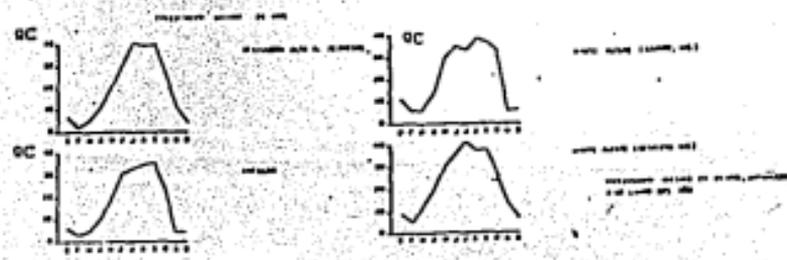


FIGURA 33

ESTORQUEO MEDIO MENSUAL, 1950 - 1970

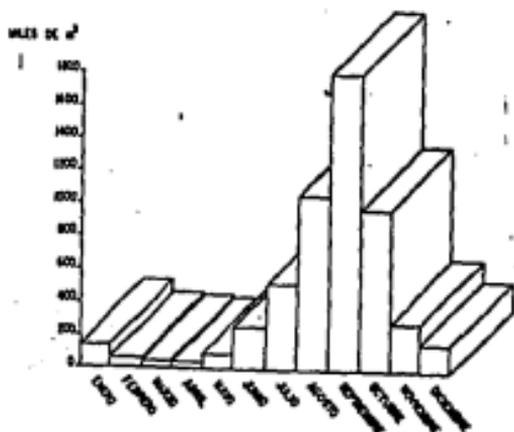


FIGURA 34

TENDENCIA DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS.

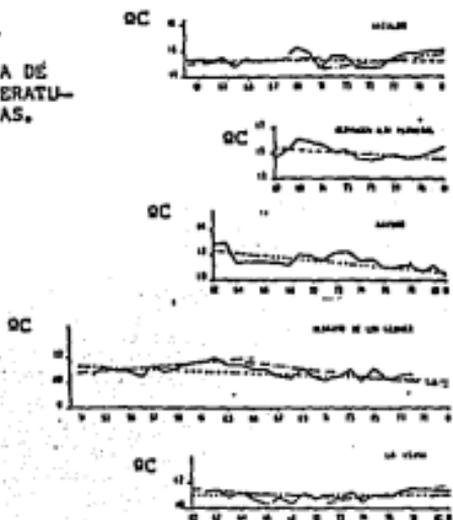


FIGURA 35

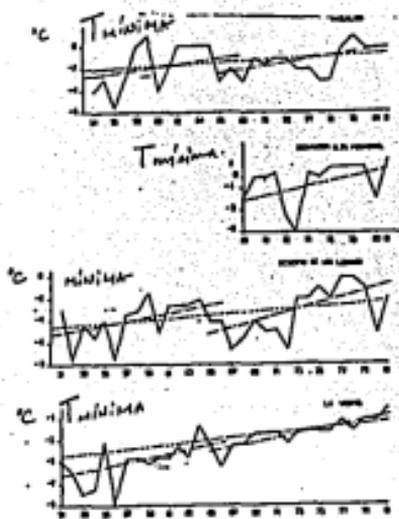


FIGURA 36

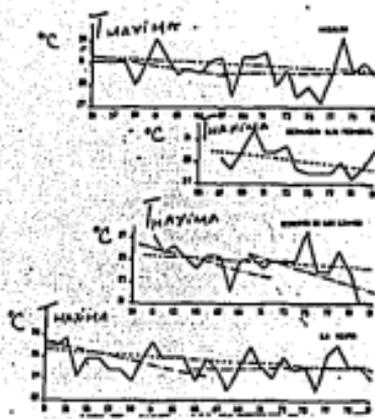


FIGURA 37

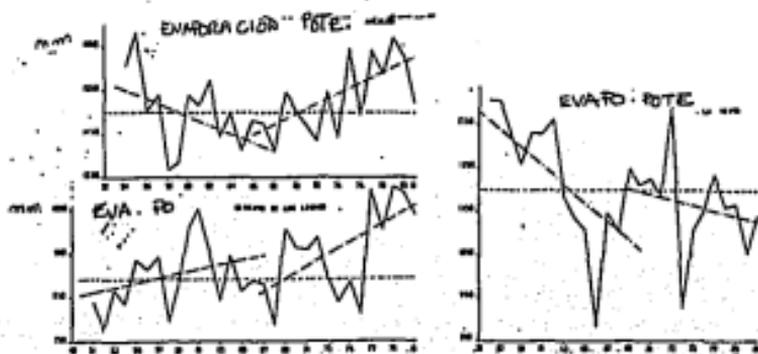
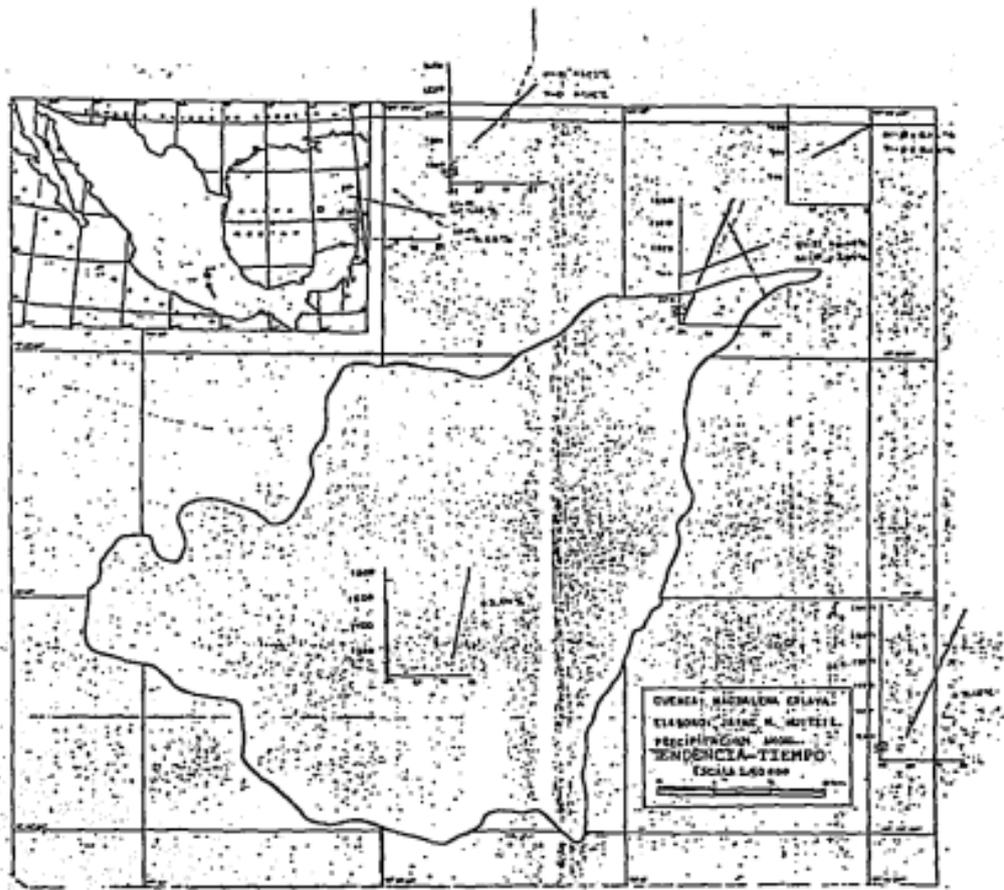


FIGURA 39

FIGURA 38



BALANZO HIDROLOGICO, CUENCA MAGALLANA-ESLAVA, 1951-81, MILAS DE P³

AÑO	PRECIPITACION	EVAPORACION	%	ESCURCIMIENTO	%	INFILTRACION	%	
1951	31 886,08	100	36 022,05	50,19	1 109,0	1,51	34 460,57	47,91
1952	105 063,37	100	37 727,95	35,90	8 334,0	8,02	57 122,42	54,46
1953	89 194,70	100	36 555,99	40,96	7 147,0	8,01	45 511,71	51,02
1954	98 552,91	100	40 282,50	40,87	5 251,0	5,32	53 019,41	53,79
1955	80 048,71	100	34 541,10	43,15	5 284,0	6,60	40 322,41	50,24
1956	93 841,17	100	37 162,99	40,00	7 994,0	8,54	47 069,18	50,17
1957	67 107,37	100	35 639,12	51,91	4 566,0	6,67	31 002,25	46,20
1958	115 734,19	100	39 641,72	34,25	12 292,0	10,9	63 180,47	54,77
1959	95 187,16	100	38 641,64	40,61	7 472,0	7,8	49 073,50	51,51
1960	75 629,04	100	36 142,17	47,16	4 428,0	6,2	30 058,87	42,55
1961	75 634,03	100	38 007,64	50,73	5 879,0	8,1	33 677,52	46,11
1962	94 779,00	100	33 464,86	35,10	4 582,0	4,8	56 731,13	59,85
1963	81 686,11	100	33 761,16	41,33	8 226,0	10,1	39 698,95	48,35
1964	76 060,45	100	34 734,18	45,79	4 059,0	5,3	37 240,29	48,94
1965	83 368,65	100	34 361,07	41,21	4 743,0	5,6	39 294,61	47,09
1966	102 652,30	100	40 540,81	45,49	4 243,0	4,1	57 868,67	56,37
1967	95 971,71	100	42 777,59	44,66	11 954,0	12,4	43 040,13	45,64
1968	78 379,14	100	34 076,21	44,51	10 590,0	13,5	32 822,91	41,75
1969	97 051,88	100	37 713,13	45,45	12 015,0	13,1	42 287,74	43,34
1970	78 054,50	100	38 646,50	49,53	1 591,0	2,0	37 795,00	48,32
1971	89 254,10	100	39 381,36	44,12	1 492,0	1,6	48 182,73	54,20
1972	85 181,96	100	33 720,50	39,58	2 090,0	2,4	49 361,10	57,75
1973	91 260,49	100	39 142,48	42,52	4 811,0	5,1	49 217,01	52,41
1974	65 473,66	100	36 867,72	56,32	4 278,0	6,6	31 355,96	48,16
1975	77 150,81	100	32 081,63	41,68	1 343,0	1,7	43 688,20	56,52
1976	81 175,26	100	37 611,16	46,47	5 256,70	6,48	43 077,22	51,94
1977	89 950,62	100	33 749,64	37,52	5 073,10	6,10	49 379,68	56,00
1978	110 417,19	100	35 075,09	31,78	7 153,61	6,48	68 167,07	61,73
1979	71 003,18	100	33 293,41	46,80	4 759,10	6,60	38 079,13	53,51
1980	84 095,34	100	40,86,82	48,60	5 607,70	6,48	45 291,48	53,98
1981	106 653,65	100	34 363,70	32,23	6 909,20	6,48	65 340,75	61,20
MEGIA 80	933,00		36 290,37	48,25	5 739,37	6,48	46 375,57	51,40
DES. TIPICA			2739,7	9,09		3,18		4,06
CONSERVATIV.				0,55		0,27		0,44
TECNOLOGIA			-102,4	-0,30		0,02		0,10

FIGURA 41

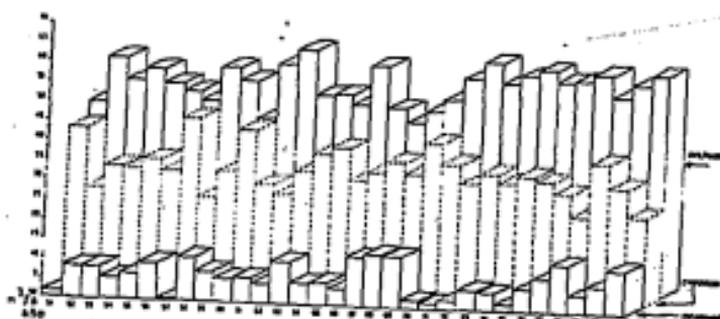


FIGURA 42

Comparación tridimensional de los balances hídricos de la Cuenca Magallana-Eslava de 1951-1981. En cada año se precipitación es igual a la suma de las tres columnas.