

TIERRAS LLANERAS DE VENEZUELA

...tierras de buena esperanza

**Roberto López Falcón, Jean Marie Hétier,
Danilo López Hernández, Richard Schargel, Alfred Zinck**
Editores

TIERRAS LLANERAS DE VENEZUELA
...tierras de buena esperanza



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Consejo de Publicaciones
2015

Título de la obra: **Tierras Llaneras de Venezuela**
...tierras de buena esperanza

Editores: **Roberto López Falcón, Jean Marie Hétier**
Danilo López Hernández, Richard Schargel
Alfred Zinck

Arbitrado y publicado por el Consejo de Publicaciones de la
Universidad de Los Andes
Av. Andrés Bello, antiguo CALA, La Parroquia
Mérida, Estado Mérida, Venezuela
Telefax (+58274) 2713210, 2712034, 2711955
e-mail cpula@ula.ve
<http://www.ula.ve/cp>

Colección: Tecnología
Serie: Ingeniería
1ª edición en CD Rom, 2015

Reservados todos los derechos
© Roberto López Falcón, Jean Marie Hétier, Danilo López Hernández
Richard Schargel, Alfred Zinck

Diagramación: Consejo de Publicaciones
Diseño de Portada: Consejo de Publicaciones

Hecho el Depósito de Ley
Depósito Legal FD2372015329
ISBN 978-980-11-1781-0

Mérida, Venezuela, 2015

Contenido

Volumen 1 y 2

Prefacio	i
Dedicatoria	ix
Agradecimiento	xii
Volumen 1. Monografía Regional	
	xiii
Colaboradores	xiv
Presentación Español	xvii
Presentación Francés	xxxviii
Presentación Inglés	lix
CAPÍTULO 1	1
ELEMENTOS HISTÓRICOS DEL AGRO LLANERO	1
INTRODUCCIÓN	1
EI PERÍODO ANTERIOR A LA INVASIÓN HISPÁNICA	1
El modo de producción “tropical”	3
El modo de producción “teocrático”	5
LA HISTORIA COLONIAL	6
El encuentro entre civilizaciones	6
La organización administrativa colonial: el siglo XVI	7
La hibridación agrícola en el siglo XVII	8
Constitución del sistema agro-exportador: el siglo XVIII	10
<i>Primera fase: consolidación del sistema colonial</i>	10
<i>Segunda fase: preliminares de la descolonización</i>	11
LA HISTORIA NACIONAL	12
El primer siglo de independencia y la evolución del modelo agro-exportador	12
<i>Las luchas por la independencia</i>	12
<i>La separación de Venezuela y Colombia</i>	14
<i>Marco ideológico y científico de la modernización agrícola</i>	14
<i>Primera fase positivista republicana</i>	14
<i>Segunda fase socio-política</i>	15
El siglo XX, el siglo del petróleo	17
<i>De la República liberal a las dictaduras positivistas 1900-1960</i>	17
<i>El sistema agro-exportador en su fase terminal dictatorial</i>	17
<i>Impacto del positivismo dominante sobre la mentalidad llanera</i>	17

<i>La industrialización y el nacimiento del modelo agro-importador</i>	18
<i>La modernización dictatorial de la producción agrícola</i>	18
<i>El abandono dictatorial de la producción agrícola</i>	18
<i>Paréntesis democrático 1936-1948</i>	19
<i>La reactivación dictatorial del Estado interventor</i>	20
<u>Producción nacional de fertilizantes</u>	20
<u>Infraestructuras y subsidios</u>	20
<u>Importación de mano de obra extranjera</u>	20
<u>Período 1960-1999</u>	21
<i>Consolidación del capitalismo agro-importador</i>	21
<i>La Reforma agraria</i>	22
<i>La producción y distribución de fertilizantes de 1960 a 2000</i>	23
<i>Los subsidios estatales a los fertilizantes: variaciones y eficiencia</i>	23
<i>Eficiencia de los fertilizantes. Ejemplo del maíz</i>	25
<i>Hacia una definición de la fertilización sustentable</i>	26
CONCLUSIONES SOBRE LOS ELEMENTOS HISTÓRICOS	27
El siglo XXI: Perspectivas Actuales	27
<u><i>Características generales de la agricultura venezolana al inicio del siglo</i></u>	27
<i>Recursos territoriales</i>	27
<i>Recursos humanos</i>	28
<i>Recursos financieros</i>	30
<i>Producción</i>	30
<u><i>Marco institucional de los cambios venideros en el agro llanero</i></u>	32
<i>Definiciones de la seguridad y de la independencia alimentaria</i>	33
Acciones Propuestas en el documento FAO-MAT-CAN	34
<u><i>Promoviendo la Agricultura Sustentable y la Soberanía Alimentaria</i></u>	34
CONCLUSIONES	35
AGRADECIMIENTO	36
BIBLIOGRAFÍA	36
APÉNDICE CAPÍTULO 1 GLOSARIO	39
CAPÍTULO 2	40
CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LAS TIERRAS LLANERAS	40
DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA	40
Los Llanos Occidentales	41
Los Llanos Centrales	41
Los Llanos Orientales	41
FACTORES DEL CLIMA DE LOS LLANOS	41
Latitud geográfica	41
Patrones de circulación atmosférica que afectan a los Llanos	43
Sistemas atmosféricos que afectan la región de los Llanos	43

Sistemas del Este	45
<i><u>Perturbaciones, Depresiones, Tormentas Tropicales y Huracanes</u></i>	45
Anticiclón subtropical de las Bermudas o célula de alta presión del Atlántico Norte	46
Vientos alisios	46
Corriente en chorro a bajo nivel (CCBN)	46
Sistemas del norte – noroeste	47
<i><u>Vaquadas en la altura</u></i>	47
<i><u>Burbujas de Aire Frío en Altura</u></i>	48
Invasiones de Aire Frío del Norte	49
Sistemas del sur	49
<i><u>Zona de Convergencia Intertropical o Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT)</u></i>	49
<i><u>Invasiones de Aire Frío del Sur</u></i>	50
LA PRECIPITACIÓN EN LOS LLANOS	51
Variación espacial de la precipitación anual	51
Variación estacional de la precipitación	53
VARIACION DE LA TEMPERATURA	57
EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO	57
TIPOS Y SUBTIPOS DE CLIMAS	60
BIBLIOGRAFÍA	61
CAPITULO 3	63
SUELOS LLANEROS: GEOMORFOLOGÍA, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERIZACIÓN	63
INTRODUCCIÓN	63
DELIMITACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS TIERRAS LLANERAS	64
Principales unidades geográficas	64
Origen geológico y evolución geomorfológica de la región de los Llanos	65
<i><u>Historia geológica</u></i>	65
<i><u>Evolución y características geomorfológicas</u></i>	66
<i><u>Efectos de la evolución paleoclimática</u></i>	67
Los campos de dunas	69
<i><u>El Holoceno</u></i>	70
DESCRIPCIÓN DE LOS PAISAJES GEOMORFOLÓGICOS	70
Las planicies aluviales	71
<i><u>Las planicies aluviales actuales (PA: Superficie total: 23.101 km²)</u></i>	71
<i>Planicie aluvial actual con desborde parcial de la región de San Camilo (PA1: 4.411 km²)</i>	71
<i><u>Suelos (PA1)</u></i>	72
<i><u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PA1)</u></i>	73
<i>Planicie aluvial actual con desborde parcial del Bajo Apure (PA2: 3.039 km²)</i>	73
<i><u>Suelos (PA2)</u></i>	74

<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PA2)</u>	74
<i>Planicie aluvial actual con desborde total del Bajo Apure (PA3: 5.624 km²)</i>	75
<u>Suelos (PA3)</u>	76
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PA3)</u>	76
<i>Planicie aluvial actual con desborde parcial ríos Acarigua – San Carlos (PA4: 5.735 km²)</i>	77
<u>Suelos (PA4)</u>	77
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PA4)</u>	77
<i>Vega del río Orinoco (PA5: 4.292 km²)</i>	78
<u>Suelos (PA5)</u>	78
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PA5)</u>	78
<u><i>Planicies aluviales recientes (PR: Superficie total: 75.607 km²)</i></u>	79
<i>Planicie aluvial reciente y actual entre los ríos Suripá y Arauca (PR1: 4.970 km²)</i>	79
<u>Suelos (PR1)</u>	79
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PR1)</u>	80
<i>Planicie aluvial reciente y actual entre los ríos Uribante y Acequia (PR2: 6.886 km²)</i>	80
<u>Suelos (PR2)</u>	80
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PR2)</u>	80
<i>Planicie aluvial reciente y actual entre los ríos Acequia y Acarigua (PR3: 13.424 km²)</i>	81
<u>Suelos (PR3)</u>	81
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PR3)</u>	81
<i>Planicie aluvial reciente y actual del Bajo Llano (PR4: 25.497 km²)</i>	82
<u>Suelos (PR4)</u>	82
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PR4)</u>	83
<i>Planicie aluvial reciente y actual del Alto Llano nor-occidental (PR5: 2.243 km²)</i>	83
<u>Suelos (PR5)</u>	83
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PR5)</u>	84
<i>Planicie aluvial reciente y actual entre los ríos Tinaco y Guárico (PR6: 4.597 km²)</i>	84
<u>Suelos (PR6)</u>	84
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PR6)</u>	84
<i>Planicie aluvial reciente y actual de los Llanos de Monagas (PR7: 2.169 km²)</i>	85
<u>Suelos (PR7)</u>	85
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PR7)</u>	85
<i>Planicie aluvial reciente del Alto Apure (PR8: 15.721 km²)</i>	85
<u>Suelos (PR8)</u>	85
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PR8)</u>	86
<u><i>Planicie aluvial reciente y del Pleistoceno (PRP: Superficie total: 400 km²)</i></u>	86
<i>Planicie aluvial reciente y del Pleistoceno de los Llanos de Monagas (PRP1: 400 km²)</i>	87
<u>Suelos (PRP1)</u>	87
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PRP1)</u>	87
<u><i>Planicies aluviales del pleistoceno (PP: Superficie total: 12.747 km²)</i></u>	87
<i>Planicie aluvial del Pleistoceno del río Santo Domingo (PP1: 775 km²)</i>	88
<u>Suelos (PP1)</u>	88
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PP1)</u>	89

<i>Planicie aluvial del Pleistoceno de Ticoporo (PP2: 755 km²)</i>	89
<u>Suelos (PP2)</u>	89
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PP2)</u>	90
<i>Planicie aluvial del Pleistoceno del Alto Apure (PP3: 4.583 km²)</i>	90
<u>Suelos (PP3)</u>	91
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PP3)</u>	92
<i>Planicie aluvial del Pleistoceno del río Orinoco (PP4: 1.848 km²)</i>	92
<u>Suelos (PP4)</u>	93
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PP4)</u>	93
<i>Planicie aluvial del Pleistoceno entre los ríos Guárico y Guariquito (PP5:1.534 km²)</i>	93
<u>Suelos (PP5)</u>	93
<u>Clima, vegetación y uso de las tierras (PP5)</u>	94
<i>Planicie aluvial del Pleistoceno entre los ríos Guariquito y Manapire (PP6: 3.879 km²)</i>	94
<u>Suelos (PP6)</u>	94
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PP6)</u>	95
<i>Planicie aluvial del Pleistoceno de los Llanos de Monagas (PP7, 1.882 km²)</i>	95
<u>Suelos (PP7)</u>	95
<u>Clima, vegetación y uso de las tierras (PP7)</u>	95
<i>Planicie aluvial del Pleistoceno con médanos (PP8, 5.523 km²)</i>	96
<u>Suelos (PP8)</u>	96
<u>Clima, vegetación y uso de las tierras (PP8)</u>	96
<i>Planicie aluvial del Pleistoceno con corazas ferruginosas (PP9, 1.968 km²)</i>	97
<u>Suelos (PP9)</u>	97
<u>Clima, vegetación y uso de las tierras (PP9)</u>	97
Las planicies eólicas	98
<i>Planicies eólicas con médanos (PM, Superficie total: 12.480 km²)</i>	98
<i>Planicies eólicas con médanos poco inundados (PM1, 12.029 km²)</i>	98
<u>Suelos (PM1)</u>	98
<u>Clima, vegetación y uso de las tierras (PM1)</u>	98
<i>Planicies eólicas con médanos parcialmente inundados (PM2, 451 km²)</i>	99
<i>Planicies eólicas limosas (PL: Superficie total 3.257 km²)</i>	99
<i>Planicie eólica limosa de Apure Meridional (PL1, 3.257 km²)</i>	99
<u>Suelos (PL1)</u>	99
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (PL1)</u>	100
Las altiplanicies	100
<i>Altiplanicie de los Llanos Orientales (AO: Superficie total 40.584 km²)</i>	100
<i>Altiplanicie de los Llanos Orientales poco disectada (AO1, 18.795 km²)</i>	101
<u>Suelos (AO1)</u>	101
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (AO1)</u>	103
<i>Altiplanicie de los Llanos Orientales disectada (AO2, 14.997 km²)</i>	104
<i>Altiplanicie de los Llanos Orientales disectada y escarpada (AO3, 6.792 km²)</i>	104
<i>Altiplanicie de los Llanos Centrales (AC: Superficie total 9.687 km²)</i>	104
<i>Altiplanicie disectada de los Llanos Centrales (AC1, 9.687 km²)</i>	105
<u>Suelos (AC1)</u>	105
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (AC1)</u>	105

<i>Altiplanicie de los Llanos Centro-Occidentales (ACO: Superficie total 5.443 km²)</i>	106
<i>Altiplanicie disectada de los Llanos Centro-Occidentales (ACO1, 5.443 km²)</i>	106
<u>Suelos (ACO1)</u>	106
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (ACO1)</u>	107
<i>Altiplanicie de Apure Meridional (AA, 13.444 km²)</i>	108
<i>Altiplanicie con cobertura eólica de Apure Meridional (AA1)</i>	108
<u>Suelos (AA1)</u>	108
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (AA1)</u>	109
Paisajes “colinares” y de piedemonte	110
<u><i>Paisajes colinares (C)</i></u>	110
<i>Colinas sobre rocas metamórficas e ígneas (CO: 474 km²)</i>	110
<u>Suelos (C0)</u>	111
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (C0)</u>	111
<i>Colinas bajas con coberturas cuaternarias (C1: 111 km²)</i>	111
<i>Colinas bajas con coberturas cuaternarias y corazas ferruginosas (C2: 2.554 km²)</i>	111
<u>Suelos (C2)</u>	112
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (C2)</u>	112
<i>Colinas y planos con coberturas cuaternarias (C3: 4.395 km²)</i>	112
<u>Suelos (C3)</u>	112
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (C3)</u>	113
<i>Colinas y planos con médanos (C4: 984 km²)</i>	113
<i>Colinas sobre rocas sedimentarias del Terciario (C5, C6)</i>	113
<u>Suelos (C5, C6)</u>	114
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (C5, C6)</u>	115
<u><i>Paisajes de piedemonte (T)</i></u>	115
<i>Piedemonte occidental sector norte (T1: 2.815 km²)</i>	115
<u>Suelos (T1)</u>	116
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (T1)</u>	116
<i>Piedemonte occidental sector sur (T2 : 1.681 km²)</i>	117
<u>Suelos (T2)</u>	117
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (T2)</u>	117
<i>Piedemonte central (T3: 4.859 km²)</i>	118
<u>Suelos (T3)</u>	118
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (T3)</u>	118
<i>Piedemonte oriental (T4: 1.775 km²)</i>	118
<u>Suelos (T4)</u>	118
<u>Clima, vegetación y uso de la tierra (T4)</u>	119
CONCLUSIONES	119
Vocación agropecuaria y forestal de las tierras llaneras	119
BIBLIOGRAFÍA	121
COMPLEMENTOS - <i>link</i> Anexo Cartográfico	125
APÉNDICE CAPÍTULO 3	126
GLOSARIO	126
Leyenda del mapa de paisajes geomorfológicos y asociaciones de suelos	131
Cuadros de definición morfológica y analítica de los 44 perfiles de referencia.	136

<i>Sub-grupo 1: Planicies aluviales actuales.</i>	136
<i>Sub-grupo 2: Planicies aluviales recientes y del fin del Pleistoceno.</i>	139
<i>Sub-grupo 3: Planicies aluviales del Pleistoceno y de piedemonte.</i>	142
<i>Sub-grupo 4: Planicies eólicas del Pleistoceno.</i>	146
<i>Sub-grupo 5: Altiplanicies (Formación Mesa y del Pleistoceno inf.)</i>	147
<i>Sub-grupo 6: Paisajes colinares, Altiplanices y mesas.</i>	149
CAPÍTULO 4	154
AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS LLANOS DE VENEZUELA	154
INTRODUCCIÓN	154
PROVINCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE VENEZUELA	154
PROVINCIA HIDROGEOLÓGICA DEL ORINOCO	154
LLANOS OCCIDENTALES	156
Desde el río Socopó hasta el río Pagüey (Llanos altos de Barinas)	156
<i>Ubicación del área</i>	156
<i>Geología</i>	157
<i>Comportamiento del acuífero</i>	158
<i>Volumen de las reservas permanentes y recarga del acuífero</i>	158
<i>Características geoquímicas y calidad del agua subterránea</i>	159
<i>Rendimiento del acuífero</i>	161
Desde el río Masparro hasta el río Boconó (Llanos altos de Barinas)	161
<i>Ubicación del área</i>	161
<i>Geología</i>	162
<i>Comportamiento del acuífero</i>	162
<i>Régimen de las aguas subterráneas</i>	162
<i>Volumen de las reservas permanentes y recarga del acuífero</i>	162
<i>Características geoquímicas y calidad del agua subterránea</i>	164
Del río Santo Domingo hasta el río Guanare (Llanos altos de Barinas y Portuguesa)	165
<i>Ubicación del área</i>	165
<i>Geología</i>	166
<i>Comportamiento del acuífero</i>	166
<i>Régimen de las aguas subterráneas</i>	166
<i>Volumen de las reservas permanentes y recarga del acuífero</i>	167
<i>Características geoquímicas y calidad del agua subterránea</i>	167
<i>Rendimiento del acuífero</i>	169
Del río Morador al río Sanare (Llanos altos de Portuguesa y Cojedes)	170
<i>Ubicación del área</i>	170
<i>Geología</i>	171
<i>Volumen de las reservas permanentes y recarga del acuífero</i>	172
Area de la ciudad de Guanare (Llanos altos de Portuguesa y Cojedes)	172
<i>Ubicación del área</i>	172
<i>Geología</i>	173
<i>Recarga</i>	173

<u>Litología</u>	174
<u>Conductividad hidráulica</u>	174
Entre los ríos Sanare y San Carlos (Llanos altos de Portuguesa y Cojedes)	174
<u>Ubicación del área</u>	174
<u>Geología</u>	175
<u>Comportamiento del acuífero</u>	175
<u>Régimen de las aguas subterráneas</u>	176
<u>Volumen de las reservas permanentes y recarga del acuífero</u>	177
<u>Características geoquímicas y calidad del agua subterránea</u>	177
LLANOS CENTRALES	179
Llanos bajos del Guárico, Región de Calabozo	179
<u>Ubicación del área</u>	179
<u>Geología</u>	180
<u>Comportamiento del acuífero</u>	181
<u>Volumen de las reservas permanentes y recarga del acuífero</u>	181
<u>Parámetros hidrogeológicos</u>	181
LLANOS ORIENTALES	181
<u>Ubicación del área</u>	181
<u>Geología</u>	182
<u>Características estructurales</u>	182
<u>Características geoquímicas y calidad del agua subterránea</u>	182
Anzoátegui central (Llanos bajos de Anzoátegui)	183
<u>Ubicación del área</u>	183
<u>Geología</u>	183
<u>Comportamiento del acuífero</u>	183
<u>Parámetros hidrogeológicos</u>	184
<u>Régimen de las aguas subterráneas</u>	184
<u>Volumen de reservas permanentes y recarga del acuífero</u>	184
<u>Características geoquímicas y calidad del agua subterránea</u>	185
Mesa de Guanipa (Llanos bajos de Anzoátegui)	185
<u>Ubicación del área</u>	185
<u>Geología</u>	186
<u>Régimen de las aguas subterráneas</u>	186
<u>Volumen de las reservas permanentes y recarga del acuífero</u>	186
<u>Características geoquímicas y calidad del agua subterránea</u>	187
Sector de El Tejero (Llanos bajos de Monagas)	187
<u>Ubicación del área</u>	187
<u>Geología</u>	188
<u>Comportamiento del acuífero</u>	189
<u>Características petrofísicas del acuífero</u>	189
<u>Calidad de las aguas subterráneas</u>	189
<u>Profundidad al agua</u>	190
<u>Recarga</u>	190

<i>Litología</i>	191
<i>Conductividad hidráulica</i>	191
CONCLUSIONES	191
BIBLIOGRAFIA	191
Apéndice Capítulo 4 GLOSARIO	193
CAPITULO 5	195
PAISAJES Y ECOSISTEMAS LLANEROS: ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN	195
INTRODUCCIÓN	195
LA ECORREGIÓN DE LOS LLANOS	196
PAISAJES DE LOS LLANOS	198
Sabanas de Piedemonte	201
Sabanas sobre Mesas	201
Planicies aluviales de desborde altas	202
Sabanas inundables	203
Llanuras Eólicas	203
Depresión de Unare	203
CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA DE LOS ECOSISTEMAS	203
Sabana Estacional (SE)	205
Sabana hiperestacional (SH)	206
Sabana Semiestacional (SS)	206
Bosque Ribereño y Semidecíduo (BR y BSD)	207
DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE LOS LLANOS	207
Vegetación	207
Fauna	209
<i><u>Mastofauna</u></i>	210
<i><u>Insectos</u></i>	210
<i><u>Vertebrados</u></i>	211
<i><u>Fauna en el paisaje de sabanas inundables</u></i>	211
<i>Medio acuático</i>	211
<i>Medio aéreo</i>	213
<i><u>Fauna en el paisaje de sabanas estacional sobre bancos, bosques y matas</u></i>	213
<i>Mamíferos</i>	214
<i>Tortugas</i>	215
<i>Aves</i>	215
<i><u>Fauna como plagas agrícolas, en el paisaje de planicies aluviales de desborde altas</u></i>	215
<i><u>Fauna en Zonas inundables</u></i>	216
<i><u>Fauna en el paisaje de sabanas sobre mesas</u></i>	216
<i><u>Fauna en Morichales y bosques ribereños</u></i>	217
<i><u>Fauna en los bosques semidecíduos de Occidente</u></i>	218
<i><u>Fauna en los bosques semidecíduos centrales y orientales</u></i>	220
BIOMASA Y PRODUCCIÓN EN LOS ECOSISTEMAS DE SABANA EN VENEZUELA	221

Conclusiones parciales	224
CONSERVACIÓN EN LOS LLANOS	224
Áreas Bajo Régimen de Administración Especial en Venezuela	227
Conservación en Los Llanos venezolanos	228
Evaluación del estado de conservación del paisaje de sabanas inundables	229
<i>Aspectos metodológicos</i>	230
<i>Análisis de vacíos de conservación</i>	231
AGRADECIMIENTOS	234
BIBLIOGRAFÍA	234
CAPITULO 6	241
BOSQUES DE LOS LLANOS DE VENEZUELA (Composición florística, estructura, diversidad y estado actual de conservación)	241
INTRODUCCIÓN	241
BREVE HISTORIA DE LOS ESTUDIOS EN LA REGIÓN DE LOS BOSQUES LLANEROS	242
CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES LLANEROS	245
Llanos Occidentales (Planicies aluviales recientes y actuales, Planicies aluviales del Pleistoceno, Planicies Eólicas con Médanos, Planicies Eólicas limosas)	245
Piedemonte Andino (Planicies recientes y actuales).	245
Llanos Occidentales Intermedios (Planicies aluviales del Pleistoceno)	247
Llanos Occidentales bajos o meridionales	249
Planicie Eólica Limosa (Altiplanicie de Apure Meridional)	250
Llanos Centrales (altos y bajos en colinas con coberturas del Cuaternario, sobre rocas del Terciario y región de las altiplanicies de los Llanos centrales)	251
Altiplanicie de Llanos Centrales (Altos y Bajos)	251
Llanos Centrales Bajos	252
Llanos Orientales en altiplanicies disectadas (Llanos altos y de planicie de sedimentación fluvial)	253
Diversidad, fitogeografía y riqueza de los Bosques Llaneros	255
Estado Actual de conservación de los bosques de los Llanos Venezolanos	257
AGRADECIMIENTOS	258
BIBLIOGRAFÍA	258
CAPITULO 7	269
DEGRADACIÓN DEL SUELO EN LOS LLANOS DE VENEZUELA	269
INTRODUCCIÓN	269
DEGRADACIÓN DEL SUELO Y CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS Y EDÁFICAS DE LAS TIERRAS LLANERAS	270
Consideraciones generales acerca de la relación suelo-vegetación	270
Distribución geográfica regional de las tierras llaneras venezolanas y características edafoclimáticas que han condicionado la utilización, productividad, riesgos y afectación por la degradación del suelo	272

Llanos Occidentales	276
Llanos Centrales	277
Llanos Orientales	278
Situaciones de riesgo y afectación por procesos de degradación en los suelos llaneros	279
<i><u>Erosión hídrica</u></i>	280
<i><u>Erosión eólica</u></i>	283
<i><u>Compactación del suelo</u></i>	285
<i><u>Sellado y encostramiento</u></i>	285
<i><u>Exceso de agua y anaerobiosis</u></i>	287
<i><u>Agotamiento de nutrientes</u></i>	289
<i><u>Acidificación</u></i>	289
<i><u>Contaminación</u></i>	290
<i><u>Salinización, alcalinización</u></i>	292
<i><u>Degradación biológica</u></i>	293
CONCLUSIONES	297
BIBLIOGRAFÍA	298
CAPITULO 8	302
PRODUCCIÓN PRIMARIA Y CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DEL NITRÓGENO Y DEL FÓSFORO EN LAS SABANAS LLANERAS DE TRACHYPOGON	302
INTRODUCCIÓN	302
CAMBIOS RECIENTES DE USO DE LA TIERRA EN SABANAS	303
Los fuegos recurrentes y la persistencia de sabanas	304
Selección de sitios y métodos para medir productividad primaria neta (PPN)	304
<i><u>Estimación de la producción de biomasa aérea y subterránea por el método de la cosecha</u></i>	305
<i>Resultados: Producción primaria neta</i>	307
<i><u>Comparación con otras sabanas</u></i>	307
EL CICLO DEL NITRÓGENO EN SABANAS BIEN DRENADAS	308
Entradas	308
<i><u>Entradas por las precipitaciones</u></i>	308
<i><u>Entradas por fijación simbiótica y libre</u></i>	309
<i>Fijación simbiótica</i>	309
<i>Fijación libre en la rizósfera, el rizoplan y la endorizósfera</i>	310
<i>Fijación de N por el sistema de costras microbianas</i>	310
Salidas	311
<i><u>Lixiviación y escurrimiento</u></i>	311
<i><u>Pérdidas gaseosas por Desnitrificación (emisiones de NO y N₂O) y volatilización de NH₄</u></i>	311
<i><u>Pérdidas por fuego. Volatilización del N</u></i>	311
Ciclaje interno en el suelo	312

<u>Transformaciones in situ del nitrógeno. N orgánico, N mineral: N-NO₃ y N-NH₄</u>	312
<u>Mineralización neta y N potencialmente mineralizable</u>	313
<u>Papel de la biomasa microbiana</u>	313
<u>Reciclaje interno a nivel de la planta</u>	313
<u>N asociado con la fauna del suelo</u>	314
<u>Balace de nitrógeno en sabanas de Trachypogon</u>	315
Conclusiones a sacar del balance de Nitrógeno en sabana de Trachypogon	315
CICLO DEL FÓSFORO	316
Entradas	316
<u>Entradas por las precipitaciones</u>	316
Salidas	316
<u>Salidas por el fueqo</u>	316
<u>Salidas por escorrentía o lavado</u>	317
Ciclaje interno en el suelo	318
<u>Contenido total y formas del fósforo en suelos de sabanas de Trachypogon</u>	318
Agentes de transformación interna del P	320
<u>Papel de la biomasa microbiana</u>	320
<u>Efectos rizósféricos</u>	320
<u>Micorrizas y actividades enzimáticas en sabanas de Trachypogon</u>	321
<u>Contenido del fósforo de la biomasa vegetal</u>	322
<u>P asociado con la fauna del suelo</u>	324
<u>Balace de fósforo en sabanas de Trachypogon</u>	324
CONCLUSIONES	325
Las actividades agrícolas y el devenir de las sabanas de Trachypogon	325
BIBLIOGRAFIA	326
CAPITULO 9	333
MANEJO DE LOS AGROECOSISTEMAS LLANEROS	333
INTRODUCCION	333
AGROECOSISTEMAS: CONCEPTO Y ALCANCE	334
LOS AGROECOSISTEMAS LLANEROS	336
Características agroecológicas	336
<u>Llanos centrales (Guárico-Apure-sur de Araqua)</u>	336
<u>Llanos occidentales (Portuquesa- Barinas- Cojedes)</u>	344
<u>Llanos orientales (Anzoátequi- Monagas-Bolívar)</u>	353
Tipologías y localización	357
<u>Ganadería extensiva</u>	357
<u>Ganadería semi intensiva</u>	361
<u>Cultivos anuales mecanizables</u>	361
<u>Subsistencia semicomercial con fuerza humana</u>	362
<u>Horticultura de piso bajo</u>	363
<u>Fruticultura</u>	364

<u>Plantación</u>	365
Funcionamiento	365
<u>Ejemplos de plan de manejo</u>	367
Ganadería de doble propósito	367
Subsistemas de cultivos anuales mecanizados	367
Subsistemas de pastos inducidos	368
<u>Subsistema Suelo</u>	368
<u>Entradas e insumos</u>	368
<u>Análisis de los agro-ecosistemas</u>	368
Flujos de energía	369
Ciclos de nutrimentos	369
<u>Relación entre el agro-ecosistema y su entorno social y ambiental</u>	371
<u>Desempeño productivo llanero en relación con la producción nacional e internacional</u>	372
<u>Evolución histórica de la producción de cereales, girasol, soya y leguminosas de grano</u>	374
Desarrollo actual de agricultura de subsistencia semicomercial	376
Horticultura de piso bajo	377
<u>Conclusiones parciales: contribución llanera a la seguridad alimentaria nacional</u>	377
USOS DE LA TIERRA PROBLEMAS Y OPCIONES TECNOLÓGICAS	380
Llanos Occidentales	382
Llanos Centrales	383
Llanos Orientales	395
REFLEXIONES	397
BIBLIOGRAFIA	399
CAPITULO 10	403
MODALIDADES DE INTERVENCIÓN DEL ESTADO EN EL AGRO LLANERO	403
INTRODUCCIÓN	403
RASGOS EVOLUTIVOS DE LAS MODALIDADES DE INTERVENCIÓN ESTATAL	404
Intervención estatal al servicio de los latifundistas agro-exportadores	405
Intervención estatal al servicio del sistema agro-importador	405
Intervención estatal al servicio de la soberanía alimentaria	406
INTERVENCIÓN INSTITUCIONAL A TRAVÉS DE FOLLETOS DE DIVULGACIÓN	407
Estudio del discurso escrito de los folletos divulgativos	407
<u>Definiciones de las dimensiones colectivas e individuales de las representaciones sociales</u>	407
<i>Variables de la dimensión colectiva del discurso escrito</i>	407
<i>Variables de la dimensión individual del discurso escrito</i>	408
<u>Representaciones sociales de la Fertilidad y de la Fertilización del fin del siglo XX</u>	408
<i>Muestras estudiadas</i>	408
<i>Dimensión colectiva e individual del discurso escrito de PALMAVEN en los años</i>	409

1990	
Comparación del discurso escrito institucional de fines del Siglo XX con el del inicio del Siglo XXI	411
<i>Variables de la Dimensión colectiva en Fertilidad, Fertilización utilizadas 1995 y 2010 y Sustentabilidad en 2010</i>	411
<i>Diferencias porcentuales en los discursos escritos de 1995 y de 2010 sobre Fertilidad y Fertilización</i>	413
Dimensión colectiva y sus variables en Sustentabilidad en 2010	414
<u>Variables de la dimensión individual en Fertilidad y Fertilización 1995/2010 y Sustentabilidad 2010</u>	415
Sustentabilidad en 2010: variables de la dimensión individual	417
CONCLUSIONES	418
AGRADECIMIENTOS	419
BIBLIOGRAFÍA	420
Apéndice Capítulo 10	422
ALGUNOS ASPECTOS DE LAS ACTUALES MODALIDADES DE INTERVENCIÓN DEL ESTADO VENEZOLANO EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA NACIONAL (2000-2012)	422
INTRODUCCIÓN	422
Tipos de propiedad de las tierras y modos de producción agrícola	423
Ejemplos de Intervención Directa a seleccionar para futuras investigaciones	425
<i>Sanidad Agrícola e Investigación</i>	425
<i>Créditos bancarios</i>	426
<i>Producción de fertilizantes e Insumos</i>	426
<i>Distribución de fertilizantes e Insumos</i>	427
<i>El caso de la Intervención indirecta del Estado a través de Instituciones Educativas</i>	428
CONCLUSIONES	429
Volumen 2. Referencial Científico	lxxix
Colaboradores	lxxx
Presentación Español	lxxxii
Presentación Francés	cii
Presentación Inglés	cxxii
CAPITULO 1	430
ASPECTOS BIOGEOQUÍMICOS DE LOS CICLOS DE NUTRIENTES EN AGRO-ECOSISTEMAS	430
INTRODUCCIÓN	430
DEFINICIONES Y CONSIDERACIONES PRELIMINARES	431
Composición del suelo total: ejemplos de suelos llaneros	431
<i>El Alfisol de Barinas (planicie aluvial del Pleistoceno PP1)</i>	431
<i>El suelo arenoso de Guanipa</i>	433
Definición de la Fertilidad	433
Definición de la Fertilización	434

Rizoplan y efecto de los gradientes de concentración	434
<i><u>El rizoplan</u></i>	434
<i><u>Los gradientes de concentración</u></i>	435
Diferencias entre cultivos anuales y pasturas permanentes	436
CICLO DEL AGUA Y SOLUCIÓN DEL SUELO	437
Simulaciones del ciclo	437
La solución de suelo como medio de síntesis mineral y de transferencia iónica	439
<i><u>Arcillogenesis</u></i>	439
<i><u>Transferencia iónica y Tiempo medio de residencia de los nutrientes en la solución de suelo</u></i>	440
EL CICLO DE LA MATERIA ORGÁNICA	441
Generalidades, entradas al sistema	441
<i><u>Entradas al sistema</u></i>	442
<i>Flujos brutos de mineralización y organización del C y N y sus resultados netos</i>	443
Organización del C y N: papel de los residuos de cosecha y de la Biomasa microbiana	443
<i><u>Residuos de cosecha</u></i>	443
<i><u>Biomasa microbiana</u></i>	445
Conclusiones: entradas y reservas orgánicas	446
CICLOS DE MACRO-NUTRIENTES	447
El ciclo del nitrógeno	447
<i><u>Entradas</u></i>	447
<i>Entradas por las precipitaciones</i>	447
<i>Entradas por fijación simbiótica y libre</i>	448
<i><u>Fijación simbiótica</u></i>	448
<i><u>Transformaciones in situ del Nitrógeno</u></i>	448
<i>Tiempo de residencia del nitrógeno en la solución del suelo</i>	448
<i>Mineralización e Inmovilización bruta y neta</i>	448
<i><u>Mineralización neta</u></i>	448
<i><u>Mineralización bruta</u></i>	449
<i>La inmovilización bruta y neta</i>	450
<i>Estabilidad del nitrógeno inmovilizado</i>	451
<i>Papel de la biomasa microbiana</i>	451
<i><u>Salidas</u></i>	452
<i>Papel de las raíces en el ciclo del nitrógeno</i>	452
<i>Volatilización</i>	452
<i>Desnitrificación</i>	453
<i>Lixiviación y escurrimiento</i>	453
<i><u>Conclusiones: importancia de los flujos brutos de nitrógeno</u></i>	454
Ciclo del azufre	454
<i><u>El azufre en las plantas</u></i>	455
<i><u>El azufre en los suelos cultivados</u></i>	456

Ciclo del fósforo	456
<i><u>Evolución del conocimiento sobre el fósforo disponible</u></i>	456
<i>Aportes de la dilución isotópica del fósforo en el sistema suelo-solución-planta</i>	457
<i><u>Etapas del ciclo del fósforo en el suelo</u></i>	459
<i><u>Entradas</u></i>	460
<i>Precipitaciones</i>	460
<i>Contenido del fósforo de la biomasa vegetal</i>	460
<i>Solución del suelo</i>	460
<i>Formas insolubles</i>	461
<i><u>Aportes de los métodos físico-químicos en la definición de compartimentos de P insoluble</u></i>	461
<i><u>Agentes de transformación interna del P</u></i>	462
<i>Papel de la Biomasa microbiana</i>	462
<i>Efectos rizosféricos</i>	463
<i><u>Salidas</u></i>	464
<i><u>Conclusiones</u></i>	465
Ciclo del potasio	466
<i><u>Las reservas minerales de potasio</u></i>	466
<i>Los feldespatos</i>	466
<i>Las filitas</i>	466
<i><u>Descripción del ciclo del potasio</u></i>	467
<i><u>Entradas: residuos vegetales y solución del suelo</u></i>	467
<i><u>El K hidrosoluble en la solución del suelo</u></i>	468
<i><u>El potasio intercambiable a corto y mediano plazo</u></i>	468
<i><u>Perdidas por lixiviación y cosechas</u></i>	469
<i><u>Parámetros agronómicos pertinentes</u></i>	470
<i><u>Factores físico-químicos del intercambio iónico suelo-solución</u></i>	470
<i><u>Determinación empírica de parámetros experimentales de disponibilidad del potasio</u></i>	472
<i><u>El papel del potasio intercambiable en la nutrición de las plantas</u></i>	472
<i><u>Coeficiente real de utilización de los abonos potásicos</u></i>	473
<i><u>Conclusiones</u></i>	473
OTROS CICLOS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS (Ca, Mg, Fe y oligo elementos) O TÓXICOS (Al, Mn y metales pesados)	474
Ciclos del calcio y magnesio	474
<i><u>Descripción general del ciclo</u></i>	474
<i>Funciones fisiológicas del Magnesio</i>	475
<i>Funciones fisiológicas del Calcio</i>	476
<i><u>Conclusiones prácticas a sacar de los ciclos del Ca y Mg</u></i>	476
<i><u>Ciclos de elementos menores Fe, Mn, Al</u></i>	476
<i>Hierro y Manganeso</i>	476
<i>Aluminio</i>	476
<i><u>Ciclos de los oligoelementos</u></i>	477
<i>Micro-nutrientes</i>	477

<i>Elementos tóxicos</i>	478
CONCLUSIONES GENERALES	478
BIBLIOGRAFÍA	479
CAPITULO 2	489
BIOLOGÍA DE LOS SUELOS DE SABANAS	489
INTRODUCCIÓN	489
LA BIOTA EN LA CONFORMACIÓN Y FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE SABANAS	490
La microbiota en suelos de sabanas, ecología y función	490
<i><u>Las micorrizas arbusculares</u></i>	490
<i><u>Los microorganismos fijadores de N</u></i>	491
<i><u>Bacterias promotoras de crecimiento vegetal</u></i>	493
Importancia de los microorganismos en la fertilidad de las sabanas	494
La presencia de la macrofauna en el ambiente sabanero	495
Macrofauna y sostenibilidad agrícola y ambiental	497
Relaciones tróficas entre los bio-actores edáficos y su papel en la fertilidad	498
MICRO Y MACROFAUNA DE SUELOS DE SABANAS Y DINÁMICA DE LA MATERIA ORGÁNICA	500
Fracciones orgánicas del suelo producidas por los actores bio-edáficos	501
<i><u>Los microorganismos del suelo conforman la fracción activa de la materia orgánica</u></i>	502
<i><u>La participación de la edafofauna en las fracciones más lentas de la materia orgánica</u></i>	504
Mecanismos de protección de la materia orgánica en sabanas. El papel de la biología del suelo	505
LOS MICROORGANISMOS Y LA MACROFAUNA DE SUELOS DE SABANA EN LA DINÁMICA DEL CARBONO, NITRÓGENO Y FÓSFORO	505
Los grupos funcionales en el flujo de N y P	505
Dinámica de C, N y P en coprolitos de lombrices de tierra	506
Dinámica de C, N y P en termiteros	507
POTENCIAL DE LA BIOLOGÍA DEL SUELO PARA UNA FERTILIZACIÓN OPTIMIZADA EN SUELOS DE SABANAS.	510
La micorrización como estrategia en las sabanas para la captación de P	510
<i><u>Prácticas agrícolas que favorecen las micorrizas arbusculares</u></i>	512
La fijación biológica del N en sabanas	515
La solubilización de fosfatos en suelos de sabanas	516
Acción de los termiteros para la acumulación de bases cambiables	517
¿Se puede manipular la macrofauna del suelo para mejorar la fertilidad de los suelos de sabanas?	518
<i><u>Experimentos con termitas</u></i>	518
<i><u>Experimentos con lombrices de tierra</u></i>	518

CONCLUSIONES	519
BIBLIOGRAFÍA	520
CAPITULO 3	529
USOS DE SUELOS EN SABANAS. ESBOZO TRANSATLÁNTICO: SUR AMÉRICA Y ÁFRICA CENTRO OCCIDENTAL	529
INTRODUCCIÓN	529
Los grandes ambientes de sabanas: comparación de los ambientes africanos y americanos	529
<i><u>Aspectos geológicos</u></i>	531
<i><u>Aspectos agroclimáticos</u></i>	531
<i><u>Las formaciones vegetales</u></i>	532
<i><u>Los grandes tipos de suelos</u></i>	535
<i><u>Agricultura en sabanas</u></i>	538
<i>Sabanas Africanas</i>	538
<i>Sabanas Americanas</i>	539
El uso de sabanas, cambios climáticos, y grandes ciclos biogeoquímicos	541
Alternativas actuales y sostenibilidad	542
<i><u>Cerrado</u></i>	543
<i><u>Llanos de Colombia y Venezuela</u></i>	544
<i><u>África del oeste</u></i>	546
<i><u>Limitación del escurrimiento y de la erosión</u></i>	546
<i><u>Transformación de las rotaciones y desarrollo de las asociaciones de cultivos</u></i>	546
<i><u>Valorización de los abonos orgánicos</u></i>	547
<i><u>Desarrollo de “parques arbóreos” (sabanas parqueadas)</u></i>	547
<i><u>Las plantas de cobertura y los barbechos mejorados</u></i>	547
<i><u>El problema de los efluentes orgánicos</u></i>	548
CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES	548
AGRADECIMIENTO	549
BIBLIOGRAFÍA	549
CAPITULO 4	555
DEGRADACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE DE SUELOS DE SABANA	555
INTRODUCCIÓN	555
DEGRADACIÓN DEL SUELO, CONCEPTOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS	557
PROCESOS DE DEGRADACIÓN DEL SUELO EN SABANAS TROPICALES	562
Erosión hídrica	562
Erosión eólica	565
Compactación	567
Sellado y encostramiento	570
Consolidación	572

Exceso de humedad y anaerobiosis	573
Agotamiento de nutrientes	575
Acidificación del suelo	577
Contaminación	580
Subsistencia y sulfato oxidación de los suelos orgánicos	581
Exceso de sales	582
Degradación biológica	585
MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO	590
Observaciones y mediciones directas	591
Técnicas de teledetección	591
Modelos de simulación	592
FUENTES DE DATOS PARA LA EVALUACION DE LA DEGRADACION DEL SUELO	593
Información climática, topográfica y del uso y manejo de la tierra	593
Información de suelos	594
EVALUACION A DIFERENTES ESCALAS Y EXTRAPOLACION DE INFORMACION DE LA DEGRADACION DE SUELOS	595
USOS ACTUALES Y POTENCIALES DE LAS TIERRAS E IMPACTOS CAUSANTES DE LA DEGRADACIÓN Y PÉRDIDA DE SUELOS	597
Impacto de ocupación	598
Impacto por contaminación	598
Impacto por sobreexplotación	599
PRÁCTICAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS EN PLANICIES, LLANURAS Y SABANAS TROPICALES	600
Categoría I: prácticas de mejoramiento de suelos (prácticas color café)	601
<i><u>Sistemas de labranza de bajo impacto</u></i>	601
<i>Sistemas de labranza alternativa</i>	602
<i><u>Labranza reducida</u></i>	602
Sustitución de implementos	603
Labranza-siembra	604
Labranza a salidas de temporada lluviosa	604
<i><u>Labranza vertical</u></i>	604
<i>Sistemas de labranza conservacionista</i>	605
<i><u>Labranza bajo cubierta</u></i>	605
<i>Siembra directa</i>	606
<i><u>Sistemas de manejo integrado de la fertilidad del suelo</u></i>	608
<i>Fertilizantes inorgánicos o minerales</i>	609
<i>Mejoradores orgánicos</i>	612
<i><u>Residuos orgánicos</u></i>	613
<i><u>Abonos orgánicos</u></i>	614
<i><u>Abonos verdes</u></i>	616
<i><u>Bioestimulantes</u></i>	619
Caldo microbial aeróbico	619
<i><u>Extractos de mantillo</u></i>	620

<i>Enmiendas</i>	620
<u>Enmiendas calcáreas</u>	620
Categoría II: Manejo de coberturas vegetales (prácticas verdes)	621
<u>Coberturas vivas</u>	622
<u>Coberturas de residuos vegetales (acolchado o “mulching”)</u>	623
<u>Densificación de siembras</u>	623
<u>Cultivos múltiples</u>	624
<u>Cultivos intercalados</u>	624
<u>Cultivos en relevo</u>	625
<u>Cultivos en secuencia</u>	625
<u>Rotación de cultivos</u>	625
<u>Agroforestería</u>	627
<u>Cortinas rompevientos</u>	628
Categoría III: Prácticas para control de escurrimientos (prácticas azules)	630
<u>Prácticas para amortiguar la velocidad de los escurrimientos</u>	630
<i>Cultivos en contorno</i>	630
<i>Barreras vivas</i>	631
<i>Barreras muertas</i>	633
<i>Cultivos en fajas</i>	634
<i>Cultivos en callejones</i>	636
<u>Prácticas para captar escurrimientos</u>	637
<i>Canales de desviación</i>	638
<i>Terrazas de bordo ancho</i>	639
<u>Terrazas de bordo ancho de drenaje</u>	640
<u>Terrazas de bordo ancho de absorción</u>	642
CONCLUSIONES	643
BIBLIOGRAFÍA	644
CAPITULO 5	653
MODELIZACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN EN AGRONOMÍA	653
INTRODUCCIÓN	653
Los modelos matemáticos y la investigación en agronomía	654
<u>Tipos de modelos</u>	655
<u>Limitaciones para el desarrollo y uso de modelos</u>	656
<u>Criterios útiles en la selección de modelos</u>	658
<u>Ventajas del uso de modelos en la investigación</u>	658
<u>Componentes típicos de los modelos para la investigación agronómica</u>	659
<u>Requerimientos comunes de los modelos para la investigación sobre agro-ecosistemas</u>	659
<u>Primer ejemplo: El modelo CERES-Maíz</u>	660
<i>Inicio de la modelización agronómica en Venezuela y la aplicación del modelo CERES-Maíz.</i>	661
<u>Breve Descripción de CERES-Maíz</u>	662

<u>Estructura del modelo</u>	662
<u>Las fases fenológicas</u>	662
<u>Ejemplos de la simulación por el Modelo CERES original y modificado</u>	663
<i>Simulación del peso del tallo y del grano</i>	663
<i>Comparación entre simulación y valores medidas</i>	664
<u>Los balances hídricos y nitrogenado</u>	665
<i>El balance hídrico</i>	665
<i>El balance nitrogenado</i>	665
<u>Deficiencias del modelo CERES en la simulación del nitrógeno</u>	666
<u>Papel de la planta en el ciclo del nitrógeno</u>	666
<i>Conclusión sobre la presentación del modelo CERES-Maíz</i>	666
Ejemplos de resultados obtenidos con el modelo Ceres-Maíz en Venezuela.	667
<u>Ensayos en Maracay</u>	667
<i>Introducción</i>	667
<i>Mediciones realizadas</i>	667
<i>Comparaciones entre mediciones y simulaciones por CERES-Maíz</i>	667
<i>Conclusiones parciales sobre el uso de CERES-Maíz</i>	669
<u>Ensayos en Barinas: Modelización de la nutrición nitrogenada del maíz</u>	669
<i>Introducción</i>	669
<i>Preliminares necesarios a la modelización del ciclo del N por CERES-Maíz</i>	670
<u>Rasgos generales del ciclo del nitrógeno en un cultivo de maíz</u>	670
<i>Definiciones básicas: Flujos de mineralización bruta y neta</i>	671
<u>Definición del exceso isotópico</u>	671
<u>Principio de la dilución isotópica</u>	671
<i>Mediciones de flujo de mineralización bruta en el campo</i>	673
<i>Estudio del efecto rizosférico sobre la mineralización bruta en laboratorio</i>	675
<u>Segundo ejemplo: Utilización del modelo CERES-Arroz en el Estado Portuguesa</u>	676
<i>Introducción</i>	676
<i>Aplicación del modelo de simulación CERES-Arroz</i>	677
<i>Experimentos de calibración con arroz</i>	678
<i>Comparación de resultados obtenidos y simulaciones</i>	678
<i>Conclusiones parciales sobre el uso de CERES Arroz</i>	679
<u>Tercer ejemplo, modelo Momos (Microorganismos y materia orgánica del suelo)</u>	679
<i>Antecedentes</i>	679
<i>Descripción del modelo MOMOS</i>	680
<i>Calibración y validación</i>	681
<i>Calibración del modelo MOMOS</i>	681
<i>Influencia del uso del suelo y de la naturaleza del aporte</i>	681
<i>Resultados</i>	683
<u>Influencia del clima y del tipo de suelo</u>	683
<u>Validación de MOMOS por predicción de la renovación de C del suelo por la rizo-depositación</u>	683
<i>Modelo MOMOS: Conclusiones parciales</i>	684

CONCLUSIONES GENERALES	684
BIBLIOGRAFÍA GENERAL	685
APENDICE CAPÍTULO 5	693
RESULTADOS DE LOS CULTIVOS DE MAÍZ EN 1986, 1987, 1988, 1993 y 1994 EN PARCELAS MARCADAS POR UREA ¹⁵N	693
Los balances de nitrógeno: lisímetros y parcelas marcadas por ¹⁵N a Barinas	693
<i><u>Resultados de lisímetros in situ</u></i>	693
<i>Resultados de tres cultivos consecutivos de maíz en lisímetro (Años 1986, 1987, 1988)</i>	694
<i>Los cultivos consecutivos de maíz en lisímetro (Años 1993 y 1994).</i>	695
<i><u>Las microparcels marcadas ¹⁵N cultivos 1986,87,88 y 93</u></i>	697
<i>Muestras de plantas durante el cultivo de maíz en 93 y 94</i>	700
CONCLUSIONES DEL APÉNDICE	702
APENDICE ANALÍTICO	
MÉTODOS DE ANÁLISIS DE SUELOS. Descripciones y reflexiones	703
INTRODUCCIÓN GENERAL	703
MUESTREO DE SUELO	705
MÉTODOS FÍSICOS	707
FRACCIONAMIENTO FÍSICO DE MATERIAL ORGÁNICO	731
MÉTODOS QUÍMICOS	740
DETERMINACIÓN DE NECESIDAD DE CAL	752
ANÁLISIS ELEMENTAL DE CONSTITUYENTES ORGÁNICOS C, N, H, O, S	757
FORMAS MINERALIZABLES DEL NITRÓGENO Y DEL CARBONO	774
FÓSFORO	792
TOXICIDADES (ALUMÍNICAS Y OTRAS)	806
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	814
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO ANIÓNICO	818
SOLUCIÓN DEL SUELO Y ESTIMACIÓN DE LA FERTILIDAD O DEL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN	826
CONCLUSIONES	857
BIBLIOGRAFÍA	858

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LAS TIERRAS LLANERAS

*Rigoberto Andressen
Jorge López*

DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

Los Llanos son una extensa región del norte de Suramérica, que comprende parte de los territorios de Colombia y Venezuela, con una superficie total de 355.112 km². La parte que corresponde a Venezuela (Figura 2.1), un 68%, se ubica entre:

- los relieves montañosos de la vertiente oriental y sureña de los Andes, al norte,
- la serranía del Interior, el macizo oriental guayanés y el río Orinoco, al sur
- la frontera occidental con Colombia, al oeste
- y el delta del Orinoco, al este

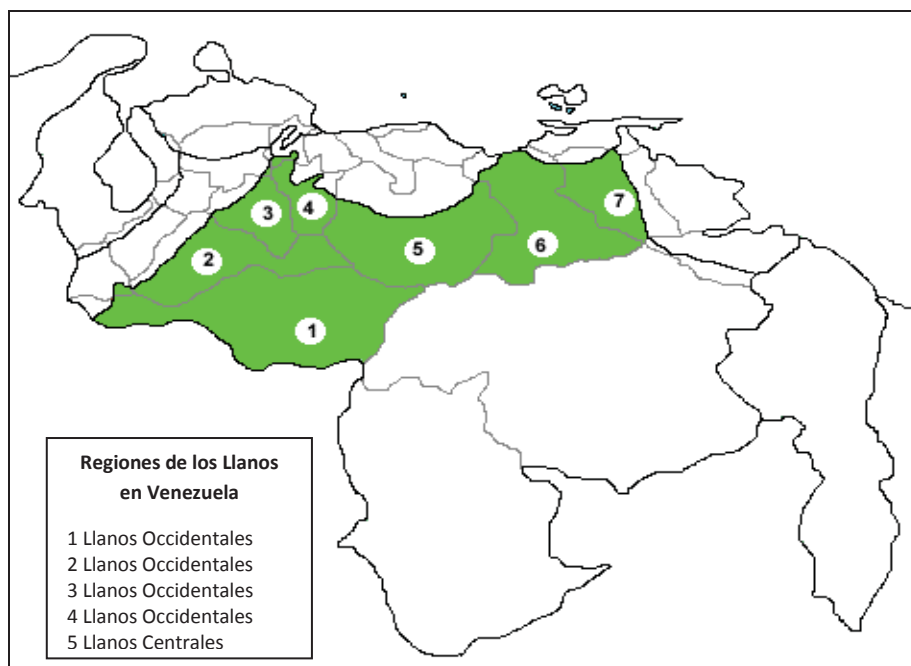


Figura 2.1. Regiones de los Llanos venezolanos.

Los Llanos venezolanos ocupan una superficie de 241.000 km², y se caracterizan por una altitud promedio de 150 msnm, con poca inclinación (una pendiente promedio de 70 cm/km) y tienen, en general, una topografía plana, o moderadamente ondulada en algunos sitios. Sin embargo, se presentan interrupciones por formas de relieve particulares como: las Galeras, en el área precordillerana de la serranía del Interior al norte; las mesas, en el sector oriental; los médanos, bancos, planicies aluviales de desbordamiento y explayamiento, y pequeñas depresiones al sur (Arismendi, 2007).

Los Llanos Occidentales

Se ubican desde el piedemonte andino, al oeste, hasta los cursos de los ríos Cojedes y Portuguesa al noreste y hasta los límites con Colombia al sur. Los Llanos occidentales se dividen en Llanos Altos y Llanos Bajos. Los Llanos Altos, próximos a los Andes, presentan buen drenaje, controlado por los ríos mayores hacia el río Apure. Los Llanos Bajos, ubicados al sur, presentan un desnivel mínimo del relieve, lo que origina inundaciones que mantienen la mayor parte del área bajo las aguas, varios meses al año (junio a octubre).

Los Llanos Centrales

Incluyen la mayor parte del estado Guárico, desde el piedemonte de la serranía del Interior hasta la ribera norte del río Orinoco, la parte oriental del estado Cojedes situada al este del río del mismo nombre, el suroeste del estado Anzoátegui y la cuenca del río Unare. Atendiendo a su fisiografía, Arismendi (2007) divide a esta sub-región llanera en Llanos Centrales Altos y Llanos Centrales Bajos. Los primeros con relieves de formas suaves integrados por mesas poco disectadas a disectadas, que ocupan la mayor proporción de esta unidad. Los segundos corresponden a mesas disectadas y no disectadas en mayor extensión, acompañadas de colinas y piedemonte ondulado, como de planicies eólicas, valles y planicies de explayamiento. En las áreas más al sur de los Llanos Bajos, se repite el patrón secuencial de los Llanos inundables.

Los Llanos Orientales

Se extienden por la parte oriental del estado Anzoátegui y la mayor parte del estado Monagas. En su parte occidental, el relieve está dominado por las mesas, de topografía plana a ondulada, que se elevan entre 200 y 450 m sobre la llanura. El paisaje de mesas ocupa el 51% del área de Anzoátegui y el 80% de Monagas.

FACTORES DEL CLIMA DE LOS LLANOS

Latitud geográfica

La extensa región de los Llanos está situada entre los 6° y 10° de latitud norte, y entre los 60° y 72° de longitud oeste. Por su ubicación latitudinal pertenece a la zona climática tropical-ecuatorial, lo que implica que esté sometida a las influencias de los controles climáticos y de sistemas atmosféricos característicos de esa zona.

En primer lugar, la latitud es un factor primordial en la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre. Debido a su ubicación latitudinal, los rayos solares a mediodía, alcanzan los 90° sobre el horizonte entre el 5 y el 16 de abril, y entre el 17 y el 28 de agosto. El 21 de diciembre, los rayos solares alcanzan la posición más baja: 60° a 56° sobre el horizonte (Figura 2.2). Los Llanos reciben, teóricamente, una alta cantidad de radiación solar en el año, modulada, principalmente, por la variación de la nubosidad, ya que se trata de una superficie generalmente muy plana.

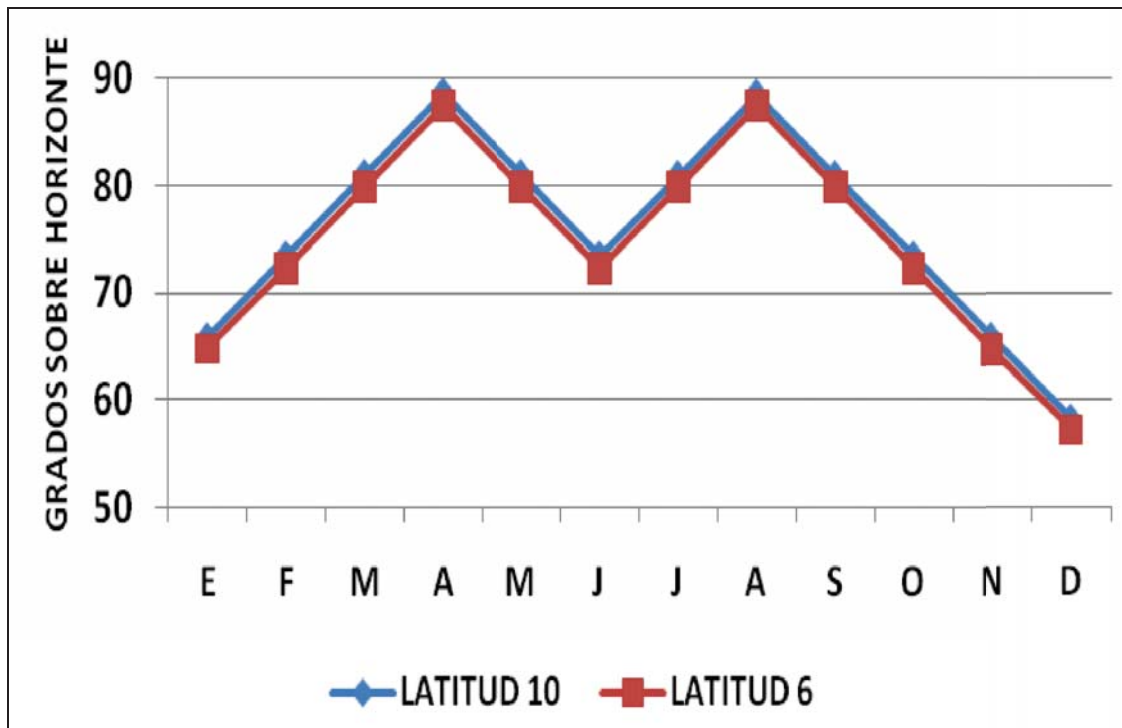


Figura 2.2. Altura máxima media del sol de mediodía en los Llanos, para las latitudes de 6° y 10°.

En segundo lugar, la región de los Llanos se encuentra bajo la influencia directa de la célula de circulación atmosférica de Hadley, cuya variación estacional a través del año y, fundamentalmente, su desplazamiento latitudinal, juega un papel determinante en la ocurrencia de las precipitaciones y la caracterización climática.

En tercer lugar, la continentalidad es otro de los factores que influye, en cierto grado, en el comportamiento climático en los Llanos. La continentalidad es función de la distancia de un lugar al mar o a un cuerpo de agua, de la presencia de bosques que ejerzan un efecto térmico moderador y de la oscilación térmica anual. Por lo tanto, a mayor distancia del mar y a mayor oscilación térmica, mayor es el efecto de este factor.

El lugar que exhibe el índice de continentalidad más alto, en los Llanos, se encuentra en la parte central norte, San Juan de los Morros, justo al sur de la cordillera del interior, con un valor (I.C.) de 12,8 y una oscilación térmica anual de 5,6°C. El valor más bajo lo encontramos en Barinitas, I.C.= 5,3 con una oscilación térmica anual pequeña de 1,4°C, ubicada en el piedemonte andino-llanero y bajo la influencia de la cercanía de la cordillera de los Andes (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Índice de Continentalidad para varios lugares de los Llanos (Con base al Criterio de Currey-1974).

Lugar	Latitud N	Temperatura máxima °C	Temperatura mínima °C	Oscilación térmica anual °C	Índice Continentalidad
San Juan de Morros	9º 55'	27,6	22,0	5,6	12,8
San Carlos	9º 38'	27,2	24,3	2,9	8,1
San Fernando	7º 41'	28,7	25,7	3,0	7,7
Acarigua	9º 33'	27,4	24,9	2,5	7,4
Guasdualito	7º 14'	27,3	24,9	2,4	6,5
Maturín	9º 45'	26,7	25,1	1,6	6,0
Barinitas	8º 45'	26,0	24,6	1,4	5,3

Patrones de circulación atmosférica que afectan a los Llanos

Las variaciones estacionales de los patrones de la circulación atmosférica en la región de los Llanos, están asociadas con las variaciones en el balance energético en la macro-región que comprende el sur del Caribe y el norte de Suramérica. Las condiciones energéticas atmosféricas en el período seco (noviembre-abril) son similares a las que, generalmente, se consideran características de los alisios del noreste. Durante el período lluvioso (abril-noviembre), las condiciones se aproximan a las que son típicas de la confluencia o vaguada ecuatorial (Andressen, 2007).

Durante el período seco, arriba indicado, una de las características más importantes de la circulación atmosférica es la influencia de la alta presión del Atlántico norte y la dorsal anticiclónica asociada, que se extiende hacia el sur sobre el norte de Suramérica y que genera condiciones de subsidencia, buen tiempo y sequía.

En vista de que la *Inversión Térmica de los Alisios* (Hastenrath, 1991) sobre el océano Atlántico aumenta en altitud, a medida que nos acercamos a la zona ecuatorial, aumentan las probabilidades para la formación de nubes de desarrollo vertical y, por lo tanto, de precipitación. La frecuencia de la presencia de la inversión de los alisios, presenta una variación estacional, siendo mayor en el período seco, entre enero y abril (más del 80%), y menor en el período lluvioso entre mayo y noviembre.

El período o estación lluviosa se inicia normalmente en mayo y se extiende hasta noviembre. Durante este período, la componente zonal del viento es del este, desde la superficie hasta la alta troposfera, con velocidades que se incrementan con la altura. En este período, la célula de alta presión subtropical se mueve desde el sur hacia el noroeste a través del Caribe (Hastenrath, 1991); permitiendo que vaguadas del este atraviesen el Caribe y produzcan importantes eventos de lluvia, que afectan el cinturón norte de Venezuela y, en parte, a la región de los Llanos. Estas vaguadas son más frecuentes de septiembre a diciembre. Hacia los meses de octubre-noviembre, entra en su ocaso el patrón de circulación del período lluvioso.

Sistemas atmosféricos que afectan la región de los Llanos

Como componentes de la circulación atmosférica antes descrita, encontramos un conjunto de sistemas atmosféricos (Cuadro 2.2), que se caracterizan por presentar determinadas escalas temporales y espaciales, un arreglo u organización, una estructura y un funcionamiento físico y

termodinámico. La frecuencia e intensidad con que estos sistemas afectan las distintas regiones de los Llanos determinan sus condiciones climáticas y sus variaciones.

Cuadro 2.2. Sistemas atmosféricos que afectan la región de Los Llanos

Sistema atmosférico	Escala temporal	Escala espacial (km)	Características
Sistemas del Este			
Perturbación tropical, Depresión tropical, Tormenta tropical y Huracanes	Horas-días	~ 1000 (o más en caso de huracanes)	Estos sistemas se forman en el océano Atlántico norte y mar Caribe, pero cuando se desplazan con trayectorias muy meridionales, afectan el noreste y norte de Venezuela, y podrían extender su influencia hacia los Llanos, y, eventualmente, interactuar con la Zona de convergencia intertropical (ZCIT)
Alta presión del Atlántico norte-Dorsal anticiclónica	Estacional-meses	~ 3000 o más	
Corriente en chorro a bajo nivel (CCBN)	Estacional-anual	1500	Produce divergencia desde los 300 hPa, subsidencia, buen tiempo y sequía. Mayor influencia durante período seco. Viento predominante del este con magnitud ≥ 10 m/s en la capa 750 – 1500 m de altura, con valores máximos en el período seco
Sistemas del norte – noroeste			
Vaguadas en la altura	Días	1200	Producen gran nubosidad y lluvias generalizadas. En combinación con procesos convectivos, generan tormentas
Burbujas de aire frío en altura	Días	~ 500	
Relictos de aire frío del norte y noroeste	Días	~500	Generan lluvias tormentosas con actividad eléctrica. Nubosidad estratiforme densa con lluvias persistentes
Sistemas del sur			
Zona de convergencia intertropical (ZCIT)	Estacional-meses	~10000	En abril-mayo avanza desde el sur. Máximo desplazamiento norte en agosto-septiembre. Genera lluvias por convergencia y sistemas convectivos
Relictos de aire frío del sur	Días	~500	Afectan la troposfera media (~3000 m de altura)
Sistemas a meso-escala y locales			
Células convectivas	Minutos-horas	10-100	Tormentas organizadas. Lluvias alta intensidad y corta duración (aguaceros, chubascos)

Tomado de: Andressen (2007).

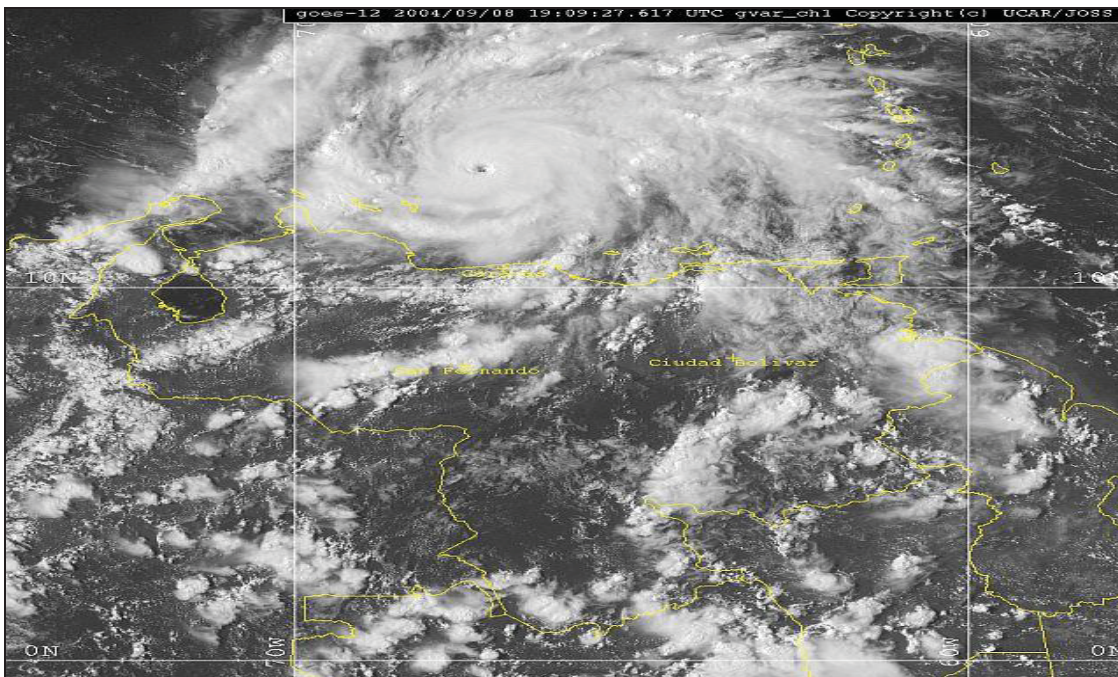
Sistemas del Este

Perturbaciones, Depresiones, Tormentas Tropicales y Huracanes

Son sistemas meteorológicos característicos de ciertas regiones tropicales marítimas del planeta. La fase inicial, la constituye la perturbación u onda tropical, que es un conjunto desorganizado de nubes de tormentas sin un sistema organizado de vientos, alrededor de un área de baja presión. Cuando el sistema alcanza mayor organización, presenta una circulación superficial definida, con vientos máximos sostenidos de hasta 61 km/h. Posteriormente, si el sistema alcanza mayor organización, con apariencia ciclónica espiral y vientos máximos sostenidos entre 62 y 118 Km/h, se le denomina tormenta tropical. Finalmente, alcanza la categoría de huracán, si presenta una circulación superficial bien definida alrededor de un centro de baja presión, con vientos máximos sostenidos de más de 119 km/h.

Cuando la trayectoria de estos sistemas es paralela a la costa nororiental y central de Venezuela, sus efectos se dejan sentir sobre las áreas afectadas. Para el caso de los Llanos estos efectos (lluvias intensas) son detectables en el caso de huracanes y en menor grado en el caso de tormentas tropicales.

Históricamente, hay antecedentes reportados de tormentas tropicales y huracanes que han pasado muy cerca de las costas venezolanas e, incluso, incursionado en el extremo nororiental y norte de Venezuela. (García-Herrera *et al.*, 2005; Chenoweth, 2006). Entre los más recientes están la tormenta Bret (Agosto 7-9 de 1993) y el huracán Iván (Septiembre 7-9 de 2004), que de categoría 3 pasó a 4 y 5, y que como se muestra en la imagen afectó marginalmente los Llanos centrales y orientales (Figura 2.3).



(Fuente: UCAR/JOSS).

Figura 2.3. Imagen satelital del huracán Iván (goes-12 08.09.2004-15:09 hlv Ch1), pasando frente a la costa centro-norte de Venezuela. Extensas bandas de nubes convectivas y cumulonimbos, se extienden hacia los Llanos centrales y orientales.

Anticiclón subtropical de las Bermudas o célula de alta presión del Atlántico Norte

Este anticiclón o célula de alta presión se extiende, en altura, hasta los 300 hPa (~9.100 m de altitud). Geográficamente, una vasta zona de aire subsidente se extiende desde las Indias occidentales a través del Atlántico hasta el norte de África. La posición geográfica del centro de la célula, a nivel de superficie, es de 33° N y 28° W, en promedio. Su máximo desplazamiento hacia el sur (29° N), se presenta en los meses de febrero y marzo (Hastenrath, 1991). Durante este desplazamiento hacia el sur, este anticiclón y su dorsal asociada, genera condiciones de buen tiempo sobre gran parte de Venezuela, dando lugar al período seco, en años normales.

Vientos alisios

A partir del sector oriental del anticiclón de las Bermudas, se originan vientos que soplan hacia el oeste y hacia la zona ecuatorial, penetrando desde el noreste del país y atravesando la región de los Llanos, con una velocidad promedio en el rango entre 3 y 7 m/s, alcanzando sus valores máximos en el período seco. El cinturón de los vientos alisios, en la zona tropical, presenta una estructura de tres capas: desde la superficie, la primera es la capa sub-nube, encima de la que encontramos la capa de nubes (cuando están presentes), y luego la capa de inversión o inversión de los alisios, descrita con mayor detalle en la sección siguiente.

Sobre el océano Atlántico y el mar Caribe, el flujo de aire de los alisios en superficie, presenta en el nivel, entre 900 y 850 hPa una inversión térmica, denominada *inversión de los alisios*. Esta inversión es más frecuente en el período seco y menos frecuente durante el período lluvioso, y aumenta en altitud a medida que nos acercamos a la zona ecuatorial de América del Sur, por lo que aumentan las probabilidades de formación de nubes de desarrollo vertical, y consecuentemente, de precipitación.

Corriente en chorro a bajo nivel (CCBN)

La CCBN (o 'Low Altitude Jet-Stream') sobre los Llanos venezolanos, es un sistema de flujo de vientos con una extensión horizontal aproximada de 1200 Km de longitud y de unos 400 Km en sentido latitudinal, centrado alrededor de los 67,5° W y 7,5° N., que muestra valores medios de 11 m/s en el período noviembre-abril, a una altitud de 750 msnm (925 hPa); con valores de la cortante vertical del viento de 1 m/s por cada 100 m en el primer km, y con máximos absolutos de velocidad de 14 m/s en febrero. Por encima de 925 hPa la corriente disminuye a 6 m/s cerca de 700 hPa. La CCBN tiene un marcado ciclo diurno con máximos en las horas tempranas de la mañana. La variabilidad intraestacional de la CCBN es muy pronunciada con períodos de hasta varios días. Los vientos pueden variar de 25 m/s a 5 m/s en pocos días (Douglas *et al.*, 2005; Torrealba y Amador, 2010).

El ciclo anual está bien definido y muestra una buena relación con el régimen pluviométrico; ya que los valores máximos de la corriente se dan en el período seco y los mínimos en el período lluvioso (Figura 2.4).

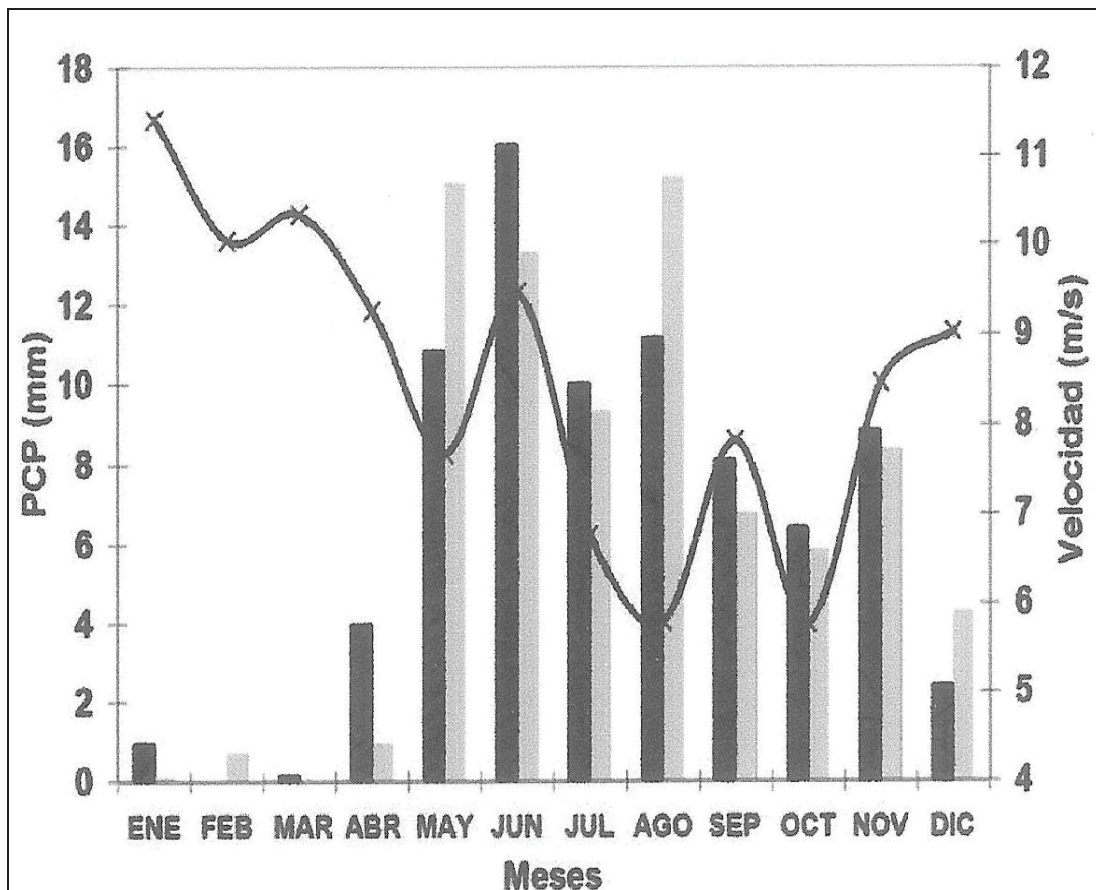


Figura 2.4. Ciclo anual de la precipitación cada quince días, PCP (mm) y de la velocidad del viento (m/s) en San Fernando de Apure.

Datos de viento corresponden al valor medio de las observaciones diarias de globos pilotos a las 12:00 UTC, período 2001 -2006 en la capa entre los 750 y 1500 m.snm. Los valores máximos del viento se presentan durante los meses de noviembre – abril (período seco en los Llanos) y los valores mínimos entre mayo y octubre (período lluvioso en los Llanos). Tomado de: Torrealba y Amador, 2010.

Sistemas del norte – noroeste

Vaguadas en la altura

Una vaguada se define como un área alargada de relativa baja presión atmosférica, a un nivel dado en la atmósfera. Las vaguadas en altura son las que se presentan en el nivel de 500 hPa (aproximadamente 5.500 m). La vaguada es una zona en la atmósfera caracterizada por poseer vorticidad ciclónica o positiva; por lo que en la parte delantera de la misma se genera mal tiempo, abundante nubosidad y precipitación. Este tipo de fenómeno meteorológico, tiende a afectar el territorio venezolano durante el período seco, asociado con las intrusiones de relictos de frentes fríos provenientes del noroeste. Las vaguadas son más frecuentes en años Niña o Neutrales que en años Niño. Los efectos de las vaguadas pueden extenderse hacia la región de los Llanos, dependiendo de las dimensiones del sistema, de su configuración geográfica e intensidad (Figura 2.5).

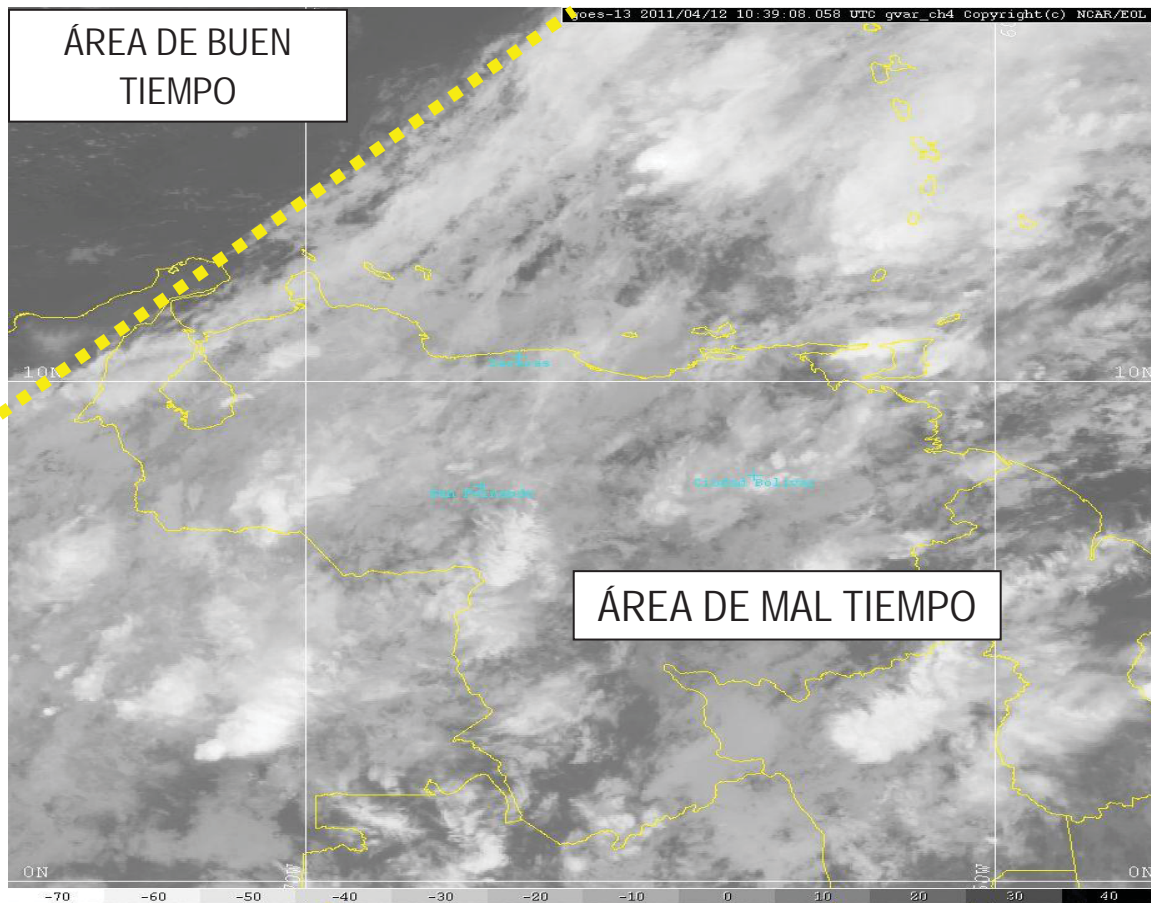


Figura 2.5. Imagen satelital goes-13 del 12.04.2011, 10:39 UTC (06:09 hlv) Ch4. Extensa vaguada en la altura se ubica sobre Venezuela, desde el suroeste en los llanos orientales colombianos hacia el noreste en el Caribe. Vientos del suroeste en la alta tropósfera, transportan vapor de agua desde la zona de confluencia intertropical (Fuente: NCAR/EOL). Eje de la Vaguada.

Burbujas de Aire Frío en Altura

Son sistemas de circulación cerrada, con un núcleo de aire frío, que se forman en los niveles medios y altos de la troposfera. En el lado ecuatorial se encuentra el sector de máximas velocidades de los vientos del oeste, relacionados con las corrientes de chorro en esas latitudes (Fuenzalida *et al.*, 2005). El aire en el núcleo, donde la presión es baja, tiene su origen en latitudes más altas. En los mapas meteorológicos de altura, las burbujas de aire frío en altura se revelan como centros aislados con alta vorticidad ciclónica potencial. Como regla general, la troposfera debajo de estos sistemas atmosféricos, es inestable, y dependiendo de las condiciones en la superficie, pueden desarrollarse eventos convectivos severos con abundante nubosidad y lluvias. En el sector de América del Norte, estos sistemas se forman principalmente en primavera y verano, entre 25° y 45° de latitud norte, y entre 100° y 150° de longitud oeste. Aunque algunas burbujas de aire frío permanecen más o menos estacionarias, la mayor parte de ellas se desplazan, dependiendo de su ciclo de vida, que es de 1 a 17 días (Nieto *et al.*, 2005).

Gol (1963), reportó que algunas lluvias fuertes que caen entre enero y abril, pueden deberse a irrupciones, en nuestras latitudes, de este tipo de fenómeno que puede, a veces, penetrar en los Llanos centrales y orientales, aunque con una frecuencia muy baja.

Invasiones de Aire Frío del Norte

El aire frío de estas invasiones proviene del sur de Estados Unidos, región que durante buena parte de la estación de invierno astronómico está dominada por una alta presión. Dependiendo de las condiciones de la alta presión antes indicada y del campo de presión en el golfo de México y el Caribe, estos frentes fríos cruzan hacia las costas septentrionales de Suramérica, modificándose por su base, a medida que se desplazan hacia el sureste. (Andressen, 2007).

Gol (1963) describió varias irrupciones extraordinarias de relictos de frentes fríos, también llamados relictos de aire polar, que ocurrieron durante los meses de la estación de invierno del hemisferio norte. Por ejemplo, entre las invasiones analizadas por Gol (1963), en enero y febrero de 1951, las precipitaciones ocurridas en varios lugares del cinturón norte-costero, mostraron excesos entre 100 y 250% en sus cantidades, y lugares de los Llanos orientales como Maturín, un exceso de lluvia de 122%.

Estas invasiones de relictos de frentes fríos del noroeste, son más frecuentes en años tipificados como Niña y menos en años Niño. (Andressen y Pulwarty, 2001).

Sistemas del sur

Zona de Convergencia Intertropical o Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT)

De los sistemas arriba indicados, el más ampliamente estudiado es la ZCIT o vaguada ecuatorial, según Riehl (1979). Esta zona es una banda aproximadamente continua, de relativa baja presión, que se extiende alrededor del planeta, cerca del ecuador, donde confluyen o convergen los vientos alisios del noreste del hemisferio norte y del sureste del hemisferio sur (Figura 2.6). A lo largo de esta banda encontramos sectores donde la convección es más activa y sectores donde hay menos convección. En los sectores activos, de mayor convección, se genera más nubosidad y aumenta la probabilidad de mayores precipitaciones. Estos sectores se identifican en las imágenes satelitales por la presencia de nubes de alta reflectividad. Según diversos autores (Fletcher, 1949; Gol, 1963; Moreau y Deffit, 1979; McGregor y Nieuwolt, 1998), la migración norte-sur de la ZCIT juega un papel determinante en el inicio, duración y ocaso de la estación lluviosa en la zona intertropical. Sin embargo, más recientemente otros investigadores (Pulwarty *et al.*, 1992) han señalado que la variabilidad de la precipitación en Venezuela no resulta simplemente de la migración de la vaguada ecuatorial, sino que otros factores, aparte de la ZCIT y la alta de las Bermudas, también intervienen.

Esta migración latitudinal de la ZCIT, siguiendo el movimiento aparente del sol con un rezago de alrededor de dos meses, alcanza sus posiciones extremas norte en agosto (entre 10° y 14° de latitud norte, dependiendo de la región geográfica), y su posición extrema sur en febrero. Generalmente, los núcleos importantes de convección, no se ubican sobre el cinturón de la convergencia misma, sino hacia el borde septentrional; lo que hace que la región de los Llanos se vea afectada por dichas células de convección que generan altas precipitaciones, generalmente de corta duración. La Figura 2.6, que muestra el avance promedio de la banda de nubes, en el período febrero-julio, ilustra de manera aproximada el movimiento migratorio de la ZCIT sobre los Llanos y Venezuela en general. En promedio, para marzo el avance se ubica al sur de 8° N y al oeste de 70° W. En abril, el avance es más notorio en los Llanos centrales y occidentales, y es en mayo cuando se da el avance en los Llanos

centrales y orientales. Después de agosto, esta banda, asociada a la ZCIT, inicia su desplazamiento hacia el sur, alcanzando su posición extrema meridional en enero-febrero.

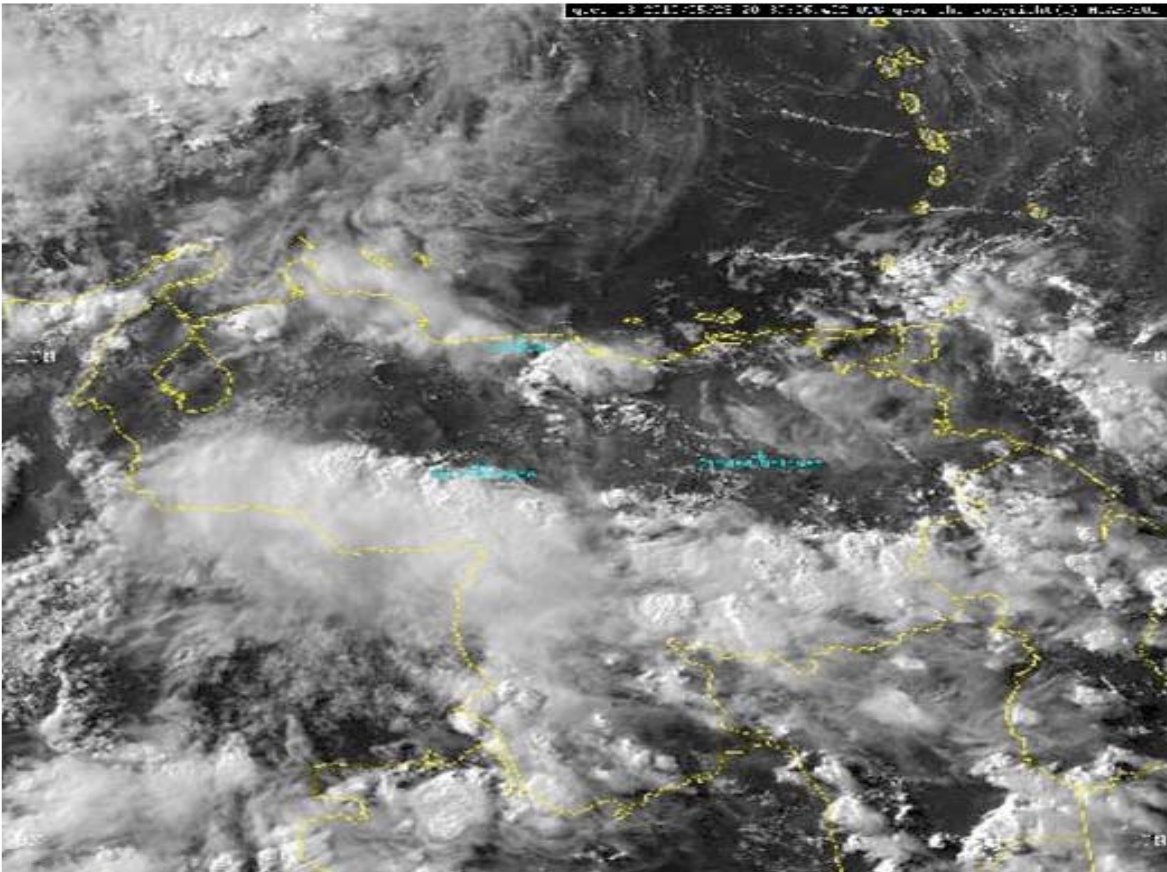


Figura 2.6. Imagen goes-13. 25.05.2011 – 20:39 UTC (16:09 hlv) gvar ch1. Muestra la ubicación de la ZCIT como extensa banda oeste-este de nubes convectivas desde el extremo de los Llanos Occidentales hasta el sur del estado Bolívar.

Invasiones de Aire Frío del Sur

Myers (1964) y posteriormente Parmenter (1976) analizaron, con base a información sinóptica, aerológica y satelital, las invasiones de relictos de frentes fríos provienen del hemisferio Sur.

Estas intrusiones de aire frío, se originan en latitudes por encima de los 35° sur y se desplazan a alrededor de 5° de latitud por día, atravesando la cuenca amazónica, y cruzando, algunos de ellos, la línea ecuatorial hasta alcanzar el sur y la franja central de Venezuela. Su frecuencia de ocurrencia es muy baja, y temporalmente corresponde a los meses del invierno en el hemisferio sur (julio-agosto).

Como resultado de estas invasiones de aire frío del sur, la actividad convectiva normal en el sur de Venezuela y gran parte de los Llanos, queda suprimida, resultando en un campo de viento muy variable por períodos cortos (una semana). Cuando los sistemas se disipan, se restablecen las condiciones meteorológicas propias de julio y agosto (Andressen, 2007).

LA PRECIPITACIÓN EN LOS LLANOS

Variación espacial de la precipitación anual

La comparación de las variaciones de la precipitación en el sentido oeste-este indica que el efecto de la cordillera de los Andes sobre el flujo de los alisios del este-noreste, genera los altos valores de precipitación que encontramos a lo largo del piedemonte andino-llanero. En general, hacia el este, la precipitación anual disminuye, de más de 2.000 mm/año a cerca de 1.000 mm/año (Figura 2.7).

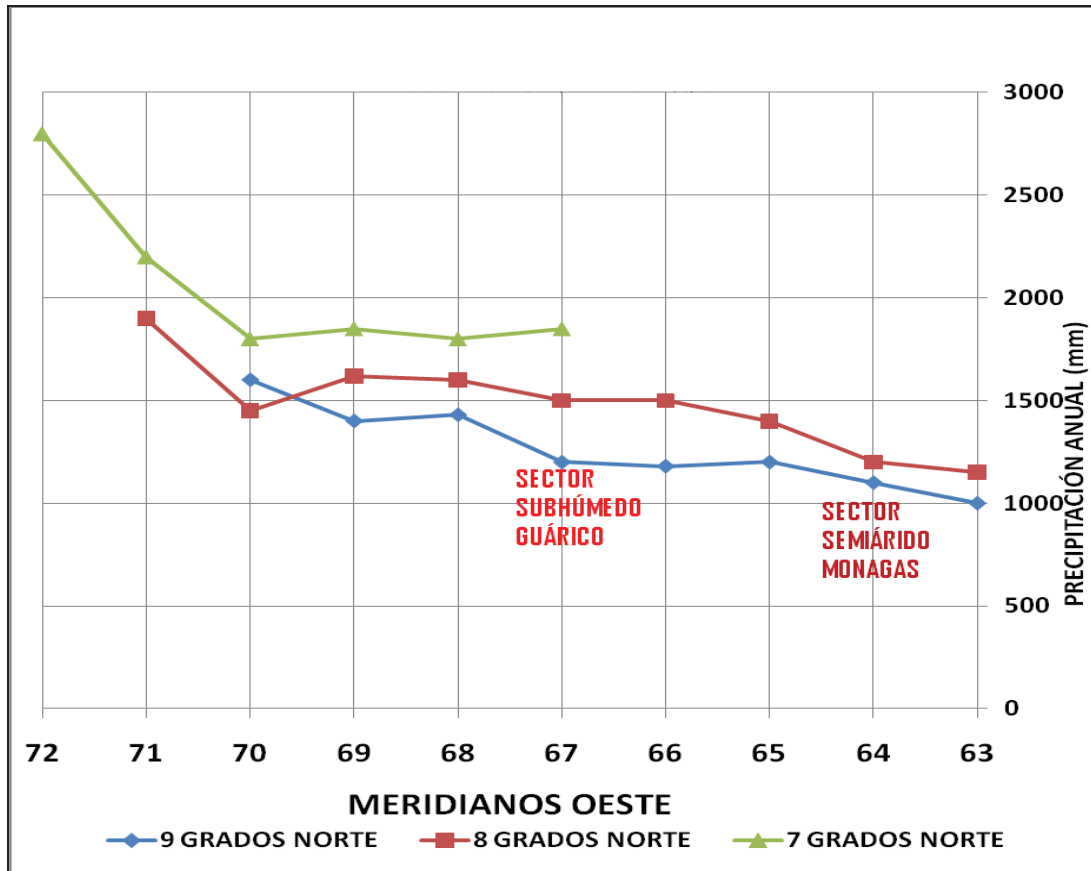


Figura 2.7. Variación de la precipitación media anual a lo largo de los paralelos 7°, 8° y 9° Norte en función de la longitud queda pendiente altitud

Aparte de los valores altos que encontramos en el piedemonte andino-llanero, otro núcleo de alta precipitación se ubica al sur de Apure, relacionado con los efectos de la confluencia intertropical. En los Llanos centrales y orientales la precipitación aumenta de norte a sur. Los sectores más secos se ubican al norte del estado Guárico, en la cuenca del río Unare y al este del estado Anzoátegui-oeste del estado Monagas (Figura 2.8).

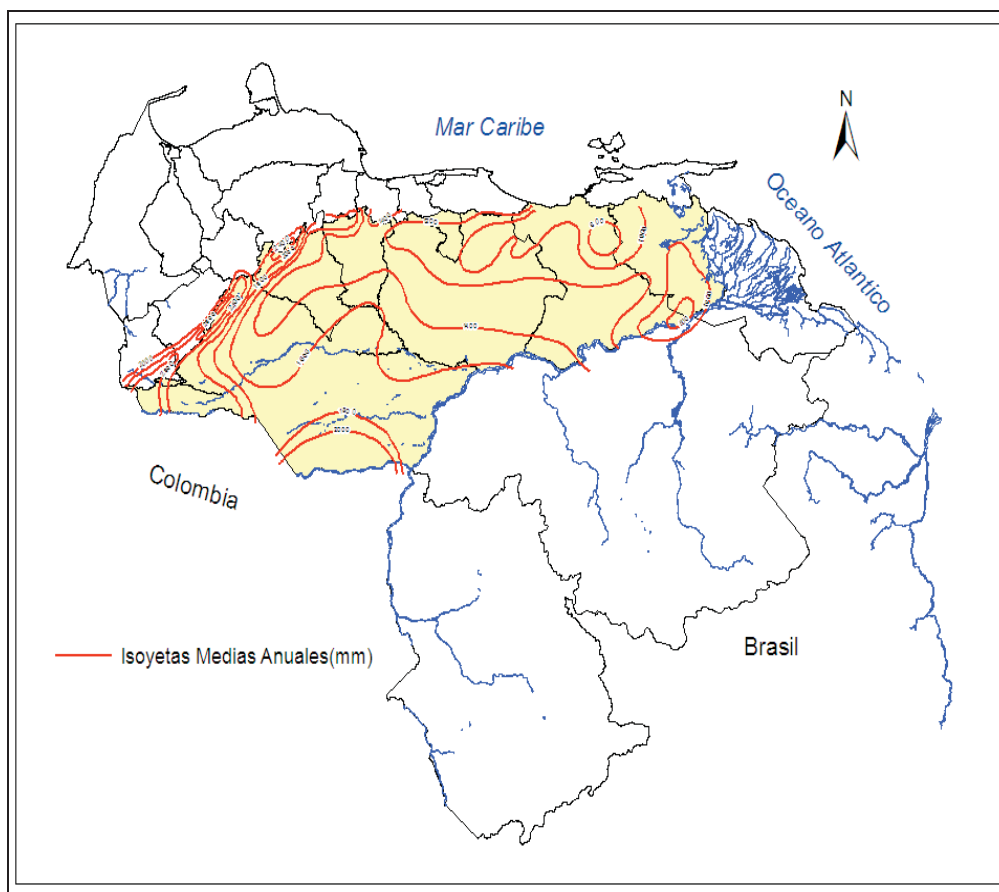


Figura 2.8. Isoyetas medias anuales (mm) en los Llanos venezolanos.

Con base a la distribución de la precipitación media anual (Cuadro 2.3), en los Llanos encontramos los siguientes tipos pluviométricos:

Cuadro 2.3. Tipos pluviométricos en los Llanos

Tipo pluviométrico	Rango de la precipitación media anual (mm)
Super-húmedo	Más de 2400
Muy húmedo	1600 – 2400
Húmedo	1200 – 1600
Sub-húmedo	800 – 1200
Semi-árido*	400 – 80

* Pequeños sectores ubicados en Anaco y al norte de Ciudad Guayana

Con respecto a la variabilidad relativa interanual de la precipitación, su rango de variación está entre 8 y 30%. En general, la variabilidad está inversamente relacionada con la cantidad anual de precipitación; los valores mayores a 20% corresponden a sectores con precipitaciones anuales menores a 1000 mm, predominantemente ubicados al norte de 9º de latitud, y los valores más bajos

de variabilidad (menores a 20%) en sectores con precipitaciones por encima de 1500 mm/año, ubicados en la faja meridional de los Llanos (Figura 2.9).

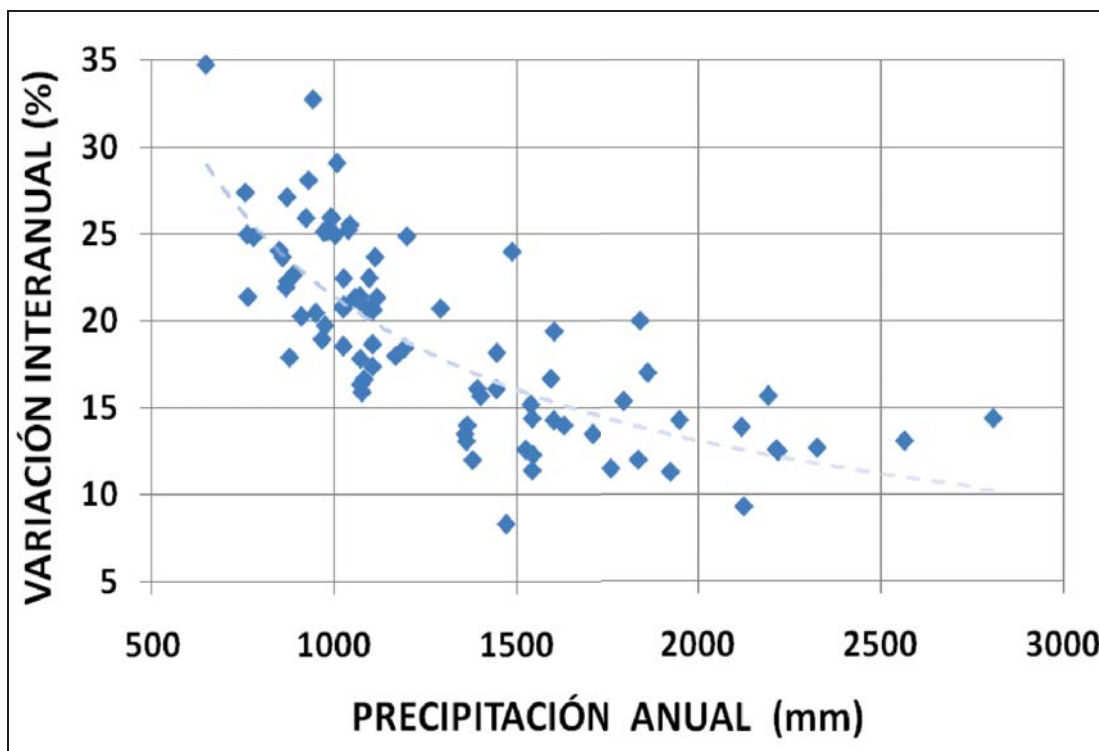


Figura 2.9. Relación entre la precipitación anual (mm) y la variación interanual de la precipitación %)

Variación estacional de la precipitación

Como resultado de los patrones de circulación atmosférica que determinan la estacionalidad en Venezuela, encontramos en los Llanos dos períodos o estaciones muy bien definidos: el período seco, en general de noviembre a marzo, y el período lluvioso de abril a octubre. Esta secuencia pluviométrica se altera cuando ocurren eventos de tipo Niño o Niña; alteraciones de la variabilidad climática que han sido poco estudiadas (Andressen y Levy, 2002).

En el período seco, encontramos un patrón muy particular de variación de la sequía. En la parte central de los Llanos (Guárico) se localiza el núcleo más importante del período seco, que se debilita a medida que nos alejamos radialmente de dicho centro. Otra área seca comprende la cuenca de Unare y los Llanos de Monagas y Las Mesas. Estos hallazgos coinciden con los señalados por Moreau y Deffit (1979).

El período lluvioso se inicia primero en los Llanos occidentales y, luego, en los centrales y orientales, como lo muestra el avance promedio del borde norte de la temporada de lluvias (Figura 2.10). También, en este período, la parte de los Llanos centrales (estado Guárico) muestra un comportamiento muy particular, igual que la cuenca del Unare, que tienden a permanecer rezagados con respecto al inicio de las lluvias.

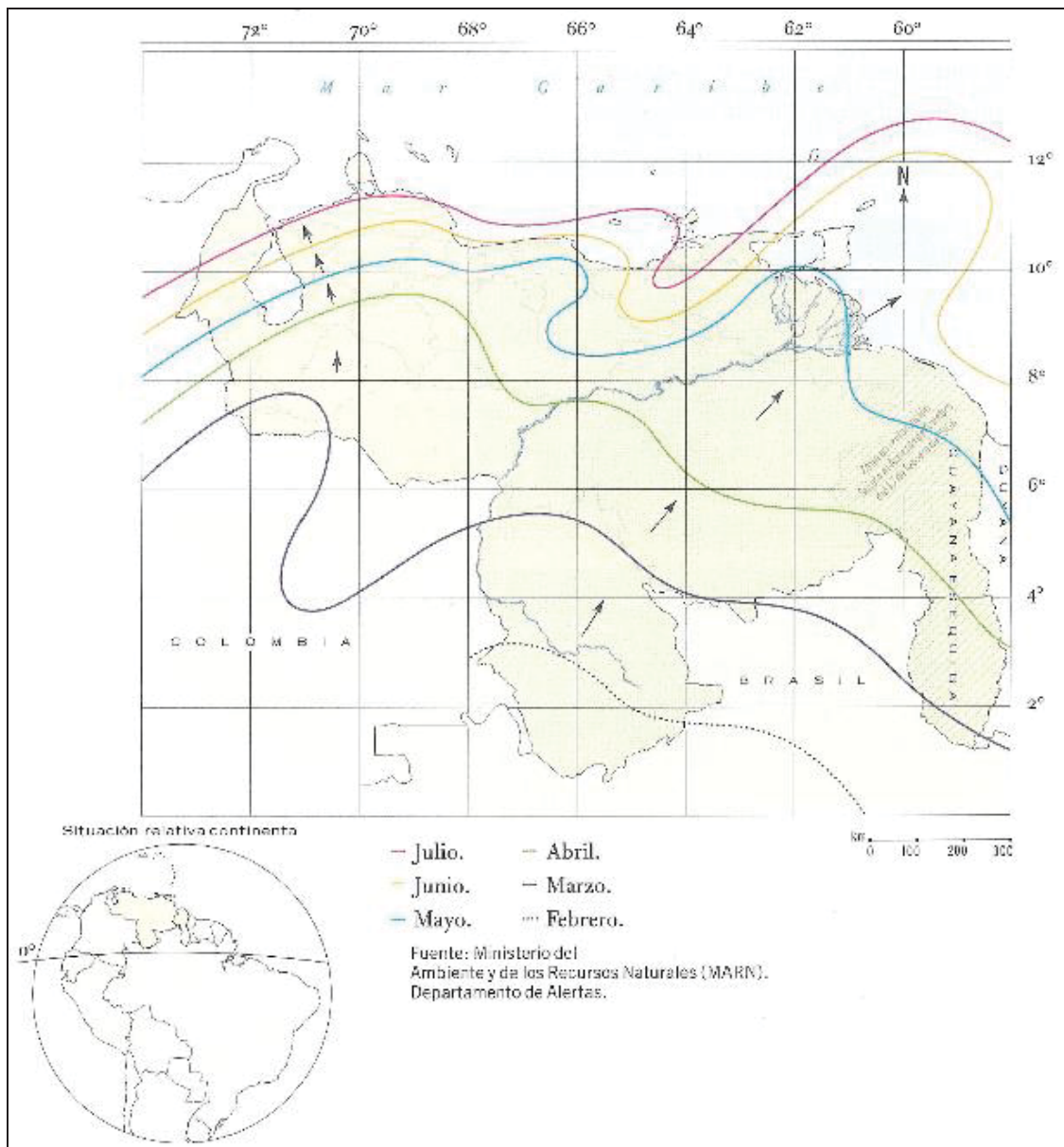


Figura 2.10. Avance promedio del borde norte de la temporada de lluvias

Adicionalmente a lo anterior, podemos señalar que el inicio, duración y ocaso de estos períodos varía geoespacialmente, en sentido longitudinal y latitudinal. En el Cuadro 2.4 se presenta la ocurrencia de meses perhúmedos, muy húmedos, húmedos, subhúmedos y semiáridos (secos), para diferentes lugares representativos de las regiones llaneras.

A lo largo del meridiano 71° W, que corresponde al sector más occidental de los Llanos de Barinas-Apure, el número de meses perhúmedos disminuye de norte a sur, igual que sucede con el período lluvioso (de 10 a 8 meses), siendo junio el mes más lluvioso. El período seco que comprende sólo dos meses (enero-febrero) en el sector norte (8° N), aumenta a cuatro meses (diciembre-marzo) en el sector sur (7° N).

A lo largo del meridiano 69° W, que corresponde con el sector oriental de los Llanos altos y bajos, la estacionalidad es más homogénea. El período lluvioso se extiende de abril a noviembre, siendo junio el mes más lluvioso en el norte (sobre los 9° N), julio en la franja central y, de nuevo, junio en el sur (sobre los 6° N). El período seco se extiende de diciembre a marzo.

A lo largo del meridiano 67° W, que corresponde con el sector occidental de los Llanos Centrales (Cojedes al este del río Cojedes y el extremo oriental del estado Apure), hay un incremento en el número de meses perhúmedos de norte a sur, que corresponde con un aumento de precipitación, pero, sin embargo, el período seco aumenta de cuatro meses (diciembre-marzo) al norte de 8° N, a cinco meses (noviembre-marzo) al sur, como reflejo de una marcada estacionalidad. Para la parte más norte (San Juan de los Morros) el mes más lluvioso es junio, más al sur (Calabozo) es agosto, y al sur de los 8° N, es julio.

A lo largo del meridiano 65° W, que corresponde con los Llanos orientales (Anzoátegui) y el sector suroriental de los Llanos centrales, la estacionalidad de la precipitación es generalmente constante de norte a sur. El período lluvioso se extiende de mayo a noviembre, con el mes más lluvioso agosto al norte de los 9° N, y julio al sur. El período seco comprende cinco meses (diciembre-abril).

Por último, a lo largo de 63° W, sector de los Llanos orientales (Monagas y sureste de Anzoátegui), el período lluvioso se extiende de mayo a diciembre-enero, en la parte norte, con un período seco que comprende sólo tres meses (febrero-abril). Más al sur (alrededor de 9° N), el período lluvioso se extiende de junio a diciembre-enero, y el período seco de febrero a mayo. En el sector más meridional, cerca de la ribera del río Orinoco, el período lluvioso se extiende de mayo a diciembre y el seco de enero a abril. El mes más lluvioso, para todo este sector de los Llanos orientales, es julio.

Durante el período seco, la precipitación es menor en los Llanos occidentales y centrales (el sector más seco con menos de 20 mm como total para el todo el período seco, comprende el estado Guárico y norte y este de Apure), y aumenta hacia los Llanos orientales, con valores acumulados para el período de 100 mm hasta 300 mm cerca de la región deltana.

Sin embargo, en general la variación estacional de la precipitación en la región de los Llanos, como en casi todo el resto del país y buena parte de la zona intertropical, tiende a ser impredecible. Riehl *et al.* (1973) sostienen que en una década uno puede esperar tres períodos con lluvia total por encima del promedio, mientras que los restantes estarían por debajo. En estaciones pluviométricas individuales, la localización geográfica es clave, ya que la ocurrencia de aguaceros de importante magnitud son determinantes en el total mensual de lluvia.

De acuerdo con Riehl *et al.* (1973), el principal control sobre el régimen estacional de lluvias en Venezuela, es ejercido por la circulación sobre el Caribe y el Atlántico norte, particularmente los campos de presión, viento y temperatura en la capa 500-200 hPa, que se manifiesta con dos tipos de situaciones:

a) Convergencia ecuatorial, lo que anteriormente se ha denominado como ZCIT, ubicada hacia el sur. Cuando ocurre esta situación, en superficie se presentan los vientos alisios del este, pero en altura, por encima de 500 hPa, la circulación es del oeste, creando una cizalladura direccional del viento ('shear'), que aunque haya presencia de nubes de gran desarrollo, potencialmente generadoras de lluvia como los cumulonimbos, se inhibe el proceso de formación de lluvia. El resultado es de un déficit de lluvia en los Llanos, particularmente en la región de los Llanos centrales.

b) Convergencia ecuatorial desplazada hacia el norte. Cuando ocurre esta situación, los vientos del este están presentes hasta los altos niveles de la tropósfera, por lo que los procesos microfísicos que operan dentro de las nubes de desarrollo vertical, particularmente cumulonimbos, conducen a

condiciones que favorecen la ocurrencia de lluvia. El resultado es un período lluvioso con abundante pluviosidad.

Las investigaciones posteriores a la década de 1970, con respecto a ENOS (El Niño / Oscilación Sur), nos han permitido entender mejor el papel que juegan los eventos Niño, Niña y Neutrales, en la ubicación y desplazamiento de la ZCIT y el modo de circulación atmosférica sobre el norte de Sur América, así como en las características del período seco y lluvioso sobre la región (Andressen y Levy, 2002; Acevedo *et al.*, 1999).

Otro elemento, recientemente estudiado y antes discutido, es la *Corriente de Chorro a Bajo Nivel* (CCBN) en los Llanos; la cual está siendo considerada como un factor muy importante en la determinación de las características de los períodos seco y lluvioso.

VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA

La variación geoespacial de la temperatura media anual presenta un rango muy pequeño, con valores entre 26°C y 28°C; ya que la región de los Llanos forma parte de las tierras bajas o Piso Tropical, caracterizado por un régimen macrotérmico e isotermal. Los valores más moderados de temperatura los encontramos en los lugares ubicados en los piedemontes andino-llanero y de la serranía del Interior (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5. Variación anual de la Temperatura Media en los Llanos Venezolanos

Lugar	Altitud (m)	Temperatura media anual (°C)	Amplitud térmica estacional °C
Barinitas	506	24,0	1,4
San Juan de Morros	430	25,0	5,6
Acarigua	188	26,1	2,5
Barinas	185	27,0	2,7
Guanare	172	27,0	3,0
San Carlos	42	27,0	2,9
Guasualito	130	25,8	2,4
Elorza	90	26,4	2,3
Maturín	68	26,0	1,6
San Fernando de Apure	47	26,9	3,0

EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO

Debido a que hay muy pocas estaciones climatológicas completas, que midan o registren otras variables climáticas además de la precipitación, los cálculos de evapotranspiración y balance hídrico se realizaron de acuerdo al método Thornthwaite-Mather (Barry y Chorley, 1972). No obstante para la evapotranspiración se hicieron estimaciones con la metodología Penman Monteith de la FAO (1988) para la obtención de valores Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀). Los valores de capacidad de almacenamiento en cada lugar de cálculo del balance, se obtuvieron con base en la información edáfica elaborada por Schargel (2005).

La región de los Llanos, en su totalidad, se ubica por debajo de los 500 msnm, por lo que pertenece al piso macrotérmico o de tierra caliente con temperaturas medias anuales superiores a 24°C; lo que implica que los valores de evapotranspiración potencial (ETP) sean altos, variando desde 1292 mm/año, con 3,53 mm/día en San Juan de los Morros (Guárico), hasta 1705 mm/año, con 4,67 mm/día en Santa Bárbara (Barinas).

Con respecto a la evapotranspiración real anual, encontramos tres grandes sectores: al oeste de 70° W está entre 1200 y 1500 mm, resultado de las altas ETP y altas precipitaciones anuales; entre 70° y 68° W, la ETR está entre 1200 y 1100 mm; y en los Llanos centrales y sur de los Llanos orientales la ETR está comprendida entre 1000 y 1100 mm, resultado en este caso de las altas ETP y menores precipitaciones anuales. (Figura 2.11).

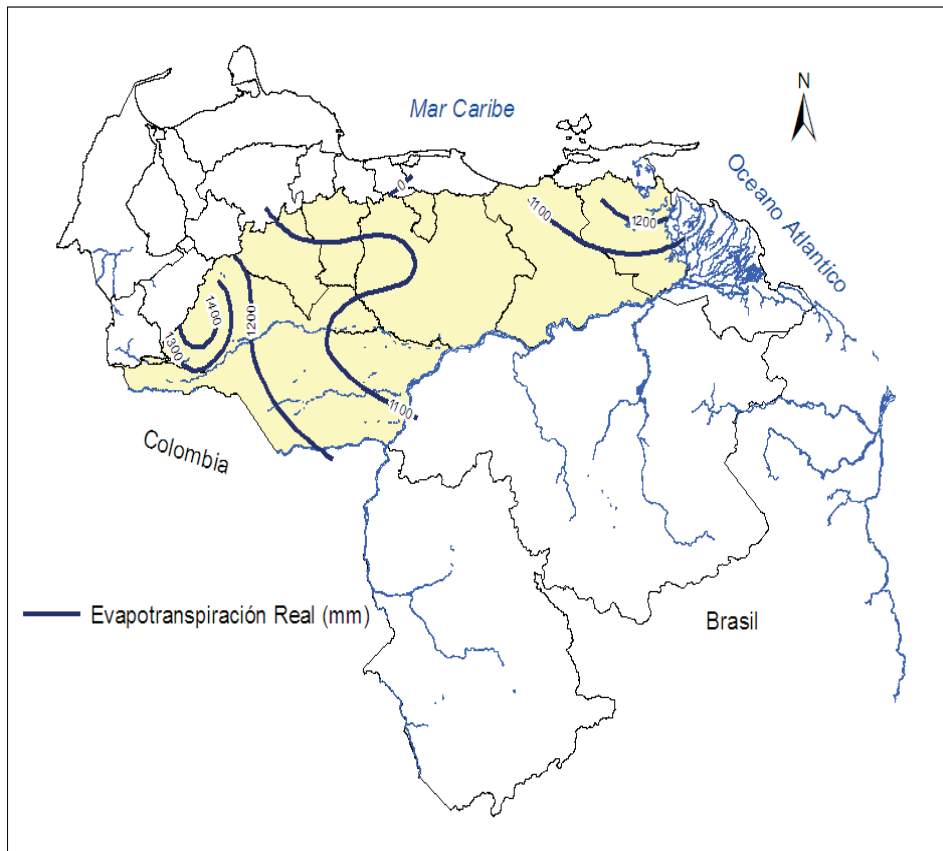


Figura 2.11. Evapotranspiración Real Anual en los Llanos Venezolanos.

El exceso de agua anual muestra un patrón variable desde el oeste-suroeste hacia el este. Los sectores con más de 400 mm, e incluso valores alrededor de 1000 mm, los encontramos cerca del piedemonte andino-llanero y al oeste de Barinas y en casi todo el estado Apure. Luego encontramos un gradiente decreciente de 400 a 50 mm en los Llanos de Portuguesa, Cojedes y de Guárico occidental. En Guárico oriental y Anzoátegui, los valores son menores a 50 mm y la parte más oriental presenta valores entre 20 y 100 mm (Figura 2.12).

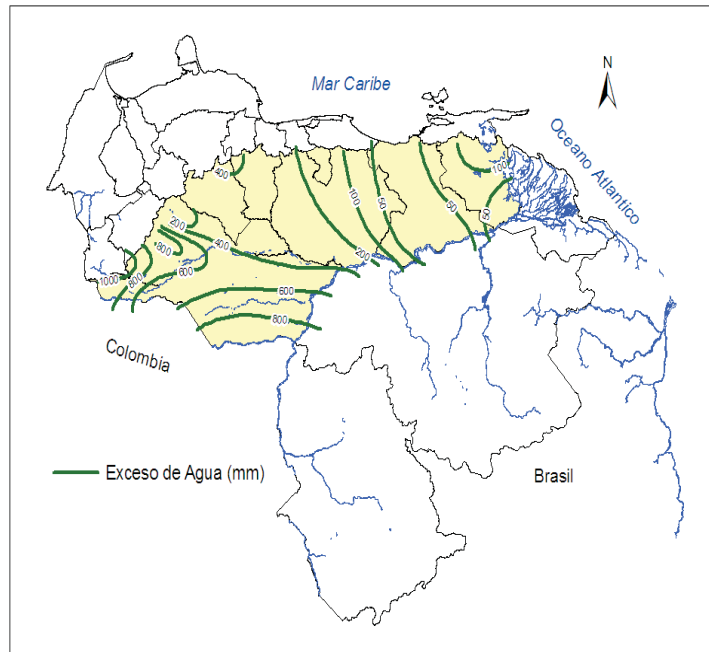


Figura 2.12. Variación geoespacial del exceso de agua en los Llanos venezolanos.

La variación geoespacial de la deficiencia de agua anual, muestra un sector de mayor déficit (> 600 mm) junto a la confluencia del río Apure con el Orinoco. A partir de este sector el déficit hídrico disminuye hacia occidente, hacia el norte y hacia el este (valores menores a 300 mm). Una amplia franja con valores entre 400 y 500 mm se extiende en la parte central, desde los Llanos occidentales-centrales hacia los Llanos nororientales (Figura 2.13).

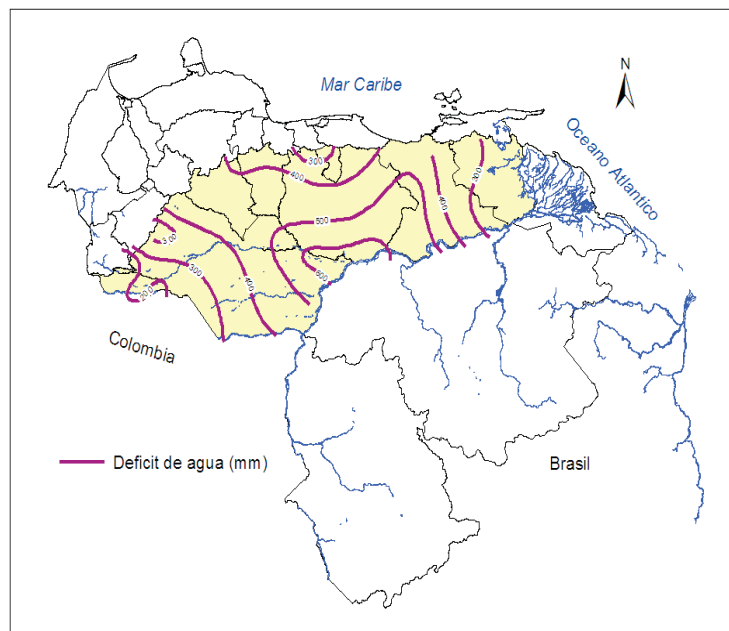


Figura 2.13. Variación geoespacial del déficit de agua en los Llanos venezolanos.

En el caso de la evapotranspiración del cultivo de referencia anual (ET_0), éste presentó los máximos valores en las estaciones San Juan de los Morros y Maturín con 1623 y 1619 mm respectivamente. En el primer caso, la estimación para San Juan de los Morros no coincide con las estimaciones obtenidas con la metodología Thornthwaite-Mather. Respecto a la estimación anual con menor valor de ET_0 se pudo apreciar un valor de 1489 mm para la estación San Carlos. El resto de estaciones tomadas para la estimación de evapotranspiración del cultivo de referencia presentó valores similares, por encima de los 1500 mm, muy superiores a la Etp de Thornthwaite-Mather. Es de hacer notar la similitud de los valores de ET_0 para las estaciones Acarigua, Guasualito, Barinas y Guanare.

TIPOS Y SUBTIPOS DE CLIMAS

Los tipos y subtipos de climas que se dan en los Llanos venezolanos, son el resultado de la compleja interacción entre los factores meteorológicos y los geográficos, discutidos con anterioridad. La latitud geográfica determina la acción de los sistemas atmosféricos que, en el transcurso del año, actúan sobre la región. Tal como antes se señaló, toda la región de los Llanos recibe casi la misma cantidad de radiación solar en el año, modulada por las variaciones regionales de la nubosidad.

El otro aspecto importante determinado por la latitud, es el hecho de que la extensa región de los Llanos se encuentra bajo los efectos de la sección septentrional de la célula de Hadley y sus variaciones latitudinales estacionales. Esto implica que la ZCIT ejerce una importante influencia, que varía estacionalmente. Otros factores meteorológicos importantes son la intrusión de la dorsal anticiclónica asociada con la célula de alta presión del Atlántico norte, las vaguadas en la troposfera media, la corriente de chorro a bajo nivel y los procesos convectivos locales, cuando la radiación solar incidente es alta y la capa de la atmósfera baja sea muy húmeda.

Como la región de los Llanos, carece de formaciones de relieve importantes, no se dan procesos orográficos, excepto hacia las vertientes de los Andes, debido a la orientación que presenta dicha cordillera con respecto a la dirección prevalente de los vientos alisios.

Siguiendo los criterios planteados por Andressen (2007), se pueden tomar como elementos para una clasificación básica de los climas llaneros, en primer lugar la precipitación, que es el elemento climático más variable, y, en segundo lugar, la relación altitud-temperatura, que aunque no presenta un rango importante de variación, nos permite diferenciar ciertos subtipos regionales. Luego, en lo posible, este esquema clasificatorio puede ser complementado con las características del balance hídrico, cuando la data disponible lo permita. Al final, si vinculamos los tipos regionales de clima con los factores geográficos y meteorológicos, se puede llegar a la clasificación preliminar, que se propone en la Figura 2.14.

TEMP. ANUAL °C	TIPOS Y SUBTIPOS DE CLIMAS - LLANOS DE VENEZUELA					PISO TÉRMICO	
24,0	SA c-	SH c-	HM c-	MH c-	PH c-	MODEADAMENTE CALIDO	c-
24,5							
25,0							
25,5							
26,0	SA ca	SH ca	HM ca	MH ca	PH ca	CÁLIDO	ca
26,5							
27,0	SA c+	SH c+	HM c+	MH c+	PH c+	MUY CÁLIDO	c+
27,5							
28,0	SA ec	SH ec	HM ec	MH ec	PH ec	EXTREMO CÁLIDO	ec
TIPO PLUVIOMÉTRICO	400 - 800 SEMIÁRIDO	800 - 1200 SUBHÚMEDO	1200 - 1600 HÚMEDO	1600 - 2400 MUY HÚMEDO	> 2400 PERHÚMEDO		
	SA	SH	HM	MH	PH		
	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (m m)						

Figura 2.14. Esquema de clasificación de los climas llaneros.

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, M., K. McGregor, R. Andressen, H. Ramírez y M. Ablan. 1999. Relations of climate variability in Venezuela to tropical Pacific SST anomalies. Dallas, Texas: *10th Symposium on Global Change Studies. Preprints*. P. 81-84. American Meteorological Soc.
- Andressen, R. 2007. Circulación atmosférica y tipos de climas. En *Geo-Venezuela 2: Medio físico y recursos naturales. Capítulo 11*. Caracas: Fundación Empresas Polar. P. 238-328.
- Andressen, R. y A. Levy. 2002. Andean South American region. En: *Preparing for El Niño: Advancing regional plans and interregional communication. Workshop Proceedings*. New York: Columbia University, IRI, p. 29-33.
- Andressen, R. y R. Pulwarty. 2001. Análisis de las lluvias excepcionales causantes de la Tragedia del estado Vargas, Venezuela, en diciembre de 1999. En *Taller de cambios climáticos, recursos hídricos, geo-*

- riesgos y desastres naturales. **IV Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable en Los Andes. Memorias.** En [http://www.cecalc.ula.ve/redbc/documentos de interes/Vargas99.pdf](http://www.cecalc.ula.ve/redbc/documentos%20de%20interes/Vargas99.pdf) (octubre, 2011).
- Arismendi, J. 2007. Presentación geográfica de las formas de relieve. En **Geo-Venezuela 2: Medio físico y recursos naturales. Capítulo 11.** Caracas: Fundación Empresas Polar. P. 128-182.
- Barry, R. y R. Chorley. 1972. **Atmósfera, tiempo y clima.** Barcelona, España: Ediciones Omega. 395 p.
- Chenoweth, M. 2006. A reassessment of historical Atlantic basin tropical cyclone activity, 1700- 1855. **Climatic Change**, 74. <http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/chenoweth06.pdf> (abril, 2011).
- Currey, D. R. 1974. Continentality of extratropical climates. **Annals of Assoc. Amer. Geographers**, 64: 268-280.
- Douglas, M., J. Murillo y J. Mejía. 2005. Conducting short duration field programs to evaluate sounding site representativeness and potential climate monitoring biases-Examining the low-level jet over Venezuelan Llanos during the 2005 dry season. **Preprints, 15th Conference on Applied Climatology.** Savannah, GA. American Meteorological Soc., 1-18.
- Fuenzalida, H. A., R. Sánchez y R. D. Garreaud. 2005. A climatology of cut-off lows in the Southern Hemisphere. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 110, D1801. En [http://www.dgf.uchile.cl/rene/PUBS/cols_climo JGR.pdf](http://www.dgf.uchile.cl/rene/PUBS/cols_climo%20JGR.pdf) (abril, 2011).
- García-Herrera, R., Gimeno, L., Ribera, P. y E. Hernández. 2005. New records of Atlantic hurricanes from Spanish documentary sources **Journal of Geophysical Research**, 10. <http://www.ucm.es/info/tropical/data.htm> (abril, 2011).
- Gol, A. W. 1963. **Las causas meteorológicas de las lluvias de extraordinaria magnitud en Venezuela.** Ministerio de la Defensa, Servicio de Meteorología y Comunicaciones. Publicación Especial N° 2, 230 p.
- Hastenrath, S. 1991. **Climate dynamics of the tropics.** Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 488 p.
- Moreau, A. y R. Deffit. 1979. **Las precipitaciones en los Llanos: Génesis y aprovechamiento.** Caracas: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Humanidades y Educación, Escuela de Geografía. Trabajo especial de grado, 215 p.
- Myers, V. A. 1964. A cold front invasion of southern Venezuela. **Monthly Weather Review**, 92, 11: 513-521. Washington.
- Nieto, R., L. Gimeno, L. De La Torre, P. Ribera, D. Gallego, R. García-Herrera, J. A. García, M. Núñez, A. Redaño y J. Lorente. 2005. Climatological features of cut-off low systems in the Northern Hemisphere. **Journal of Climate**, Vol. 18: 3085-3103. <http://ephyslab.uvigo.es/publica/documents/file1379Climatological%20features%20of%20COLS%20systems%20in%20> (abril, 2011).
- Parmenter, F. C. 1976. A southern hemisphere cold front passage at the equator. **Bulletin American Meteorological Soc.**, 57, 12: 1435 – 1440.
- Riehl, H. 1979. **Climate and weather in the tropics.** New York: Academic Press. 611 p.
- Riehl, H., L. Cruz, M. Mata y C. Muster. 1973. Precipitation characteristics during the Venezuelan rainy season. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Soc.**, 99: 746-757.
- Schargel, R. 2005. Geomorfología y suelos de los Llanos venezolanos. En: Hétier, J. M. y R. López. **Tierras Llaneras de Venezuela.** Barinas: Fondo Editorial UNELLEZ, p. 57-113.
- Torrealba, E. R. y J. A. Amador. 2010. La corriente en chorro de bajo nivel sobre los Llanos Venezolanos de Sur América. **Revista de Climatología**, Vol. 10: 1-20, en <http://webs.ono.com/reclim4/reclim10a.pdf> (enero, 2011).