

# El pantanal: Un ejemplo del impacto de la Geomorfología sobre el medio ambiente

Jean Tricart

En el corazón de América del Sur, donde se unen las fronteras de Brasil, Bolivia y Paraguay, el Pantanal es todavía una región poco poblada, de economía pastoral extensiva, que plantea difíciles problemas de ordenamiento. Su solución requiere un conocimiento científico mucho más elaborado que los elementos dispersos e incompletos de los cuales disponemos actualmente<sup>1</sup>.

El Pantanal, como lo indica claramente la etimología de su nombre, es una región anfibia, con muchas lagunas, lagunetas y lagos, con extensas áreas inundables, donde, frecuentemente, los cauces de los ríos son inestables y hasta mal definidos. El Pantanal pertenece a la cuenca del río Paraguay. Su extensión, en el territorio brasileño alcanza los 110.000 km<sup>2</sup>. Su principal riqueza es la cría, en casi libertad, de unos 5.000.000 de bovinos, actividad altamente perjudicada por las inundaciones. Por otro lado, un serio freno al desarrollo económico es la consecuencia de las dificultades de comunicación. La vía de ferrocarril estrecha (1 m), que une Bolivia a Sao Paulo y Santos, pasa por Corumbá, en el S del Pantanal, pero no permite un tráfico intenso y de bajo costo. La navegación sobre el río Paraguay hasta la Plata es muy larga y sobre todo, muy difícil. El calaje de los barcos es limitado a 0,8 m. En 1979, cuando una creciente

---

Nota do autor: La Documentación-base del presente trabajo fue recogida por el personal de la DIMOR, de la Base de Goiânia de RADAMBRASIL, al cual dirigimos nuestros agradecimientos cariñosos. Es como consultor de RADAMBRASIL que he tenido la oportunidad de interesarse al Pantanal. Agradezco a mi amigo Trento Natali FILHO, Director de Geomorfología a RADAMBRASIL, para todo lo que hizo para facilitar mi investigación sobre el Pantanal.

N.R. Conferência pronunciada na XII Assembléia Geral do Instituto Panamericano de Geografia e História, no dia 25 de março de 1982, em Santiago do Chile. A AGETEO agradece a autorização concedida pelo autor, para sua publicação no Brasil.

<sup>1</sup> La alta bacía del río Paraguay ha sido objeto de un programa de investigación, apoyado inicialmente por la UNESCO y, muy rápidamente objeto del interés del PNUD y de la OEA. Pero, este programa fue orientado hacia la elaboración de un modelo matemático de hidrología, lo que era muy prematuro, tomando en consideración la escasez de conocimientos básicos. La labor desempeñada en esta oportunidad dio lugar a una publicación del Ministerio del Interior (MINTER) que hemos cabalmente utilizado.

excepcional cortó la línea del ferrocarril, Corumbá comunicaba esencialmente por vía aérea con el resto del Brasil.

Estas dos dificultades mayores que limitan el desarrollo del Pantanal, las dificultades de navegación sobre el río Paraguay y el régimen hidrológico sin controlar de la región, resultan ambas de la evolución geomorfológica y de las importantes herencias paleoclimatológicas involucradas en ella.

## 1. EL PANTANAL EN EL MARCO REGIONAL

A pesar de su alejamiento del mar, el Pantanal es un área muy deprimida de altura baja. Al dejarlo, el río Paraguay se encuentra a menos de 80 m. Casi todo el Pantanal es debajo de los 200 m y una buena extensión de ello a menos de los 100 m de altura. Es una extensa llanura, muy plana, lo que es la raíz de los problemas hidrológicos. Cuiabá, aguas arriba del Pantanal, se encuentra a sólo 150 m sobre el nivel del mar. La inclinación general de la depresión es del E hacia el O con una franca pendiente del N al S, a lo largo del río Paraguay. Esta disposición hace con que este río margina prácticamente el Pantanal al O. A lo largo de su cauce se observan, a lo largo de la frontera Brasil — Bolivia y en Bolivia, extensas explanadas que dominan sierras aisladas, del tipo inselberg (sierras-islas). Al N y al S, se mantiene la misma asociación de formas, pero con sierras más extensas y más altas, de disposición más diversa. Ellas cierran la depresión del Pantanal y estrangulan el valle del río Paraguay cerca de su salida del Brasil. Al E, por fin, la llanura anfibia es marginada bruscamente por una escarpa de 300-400 m de alto, rectilínea, sin disecar, impropriamente llamada Serra de Maracaju. Se trata, en realidad, de la extremidad de los planaltos del Mato Grosso del S, que se siguen por centenas y centenas de kilómetros hasta el O del Estado de São Paulo, cortados por valles encañonados y subdivididos por una serie de escalones menores. Ellos, como el escalón marginal, se orientan del N al S. El Pantanal, es por consecuencia, una depresión bien definida del lado E, pero que pasa paulatinamente a otras unidades topográficas en sus otros márgenes.

Esta disposición orográfica es una consecuencia de la estructura geológica. El Pantanal, es en realidad, hasta un cierto punto, una depresión marginal de contacto entre una plataforma precámbrica y su cobertura sedimentaria discordante. Esta forma el planalto oriental que consiste de formaciones del fin del Paleozoico y del Mesozoico, integradas por alternancias tabulares de areniscas, de cuarcitas, de lavas volcánicas intrusivas (sillas y trapps). Ellas busan suavemente en dirección Este. Los escalones del planalto Mato Grossense son cuevas, así como un tramo, al N, del escalón marginal del Pantanal. Pero, al S, donde su trazado es más recto, este escalón es un abrupto de falla. Al S y al O del Pantanal, aflora el embasamiento precámbrico, intensamente plegado y metamorfizado y, por consiguiente, de litología muy heterógena. Cuarcitas y metavulcanitas ofrecen una resistencia al intemperismo mayor que los granitos y gneisses. Así mis-

mo, ellos conservan en forma de relieves residuales, de sierras-islas y de cerros-islas. Al N y NE, sobre el embasamiento una serie sedimentaria del Precámbrico superior y del Paleozoico inferior, integrada por conglomerados, dolomías, areniscas, arcillas y siltitas con estratificaciones peliculares ("folhelhos" de los geólogos brasileños), calizas ha sufrido plegamientos de cobertura, amplios y regulares, de tipo apalachiano. Predominan los sinclinales colgados en sistemas de crests, monoclinales y barras, con algunas manifestaciones cársticas. Al pie de estos relieves se extienden explanadas en parte recubiertas por los aluviones de los ríos (Cuiabá, Poconé, Bento, Gómez). Los más típicos relieves apalachianos los forman las Serra de Chacororé y Serra das Araras. Al ENE de Cáceres, la fuente cárstica llamada Fonte Progresso, tiene un caudal de 900 m<sup>3</sup>/h. Una descarga tan abundante revela una carstificación muy intensa, sobre todo por afectar rocas bastante antiguas y, por eso, poco porosas y muy recristalizadas, de corrosión lenta. Esta carstificación es necesariamente antigua y atesta condiciones relativamente húmedas.

Pero, las condiciones estructurales que acabamos de describir no explican perfectamente la existencia y, sobre todo, la extensión del Pantanal. En efecto, tanto al N como al S y al O, las sierras son rodeadas de explanadas que se hunden suavemente por debajo de las inmensas acumulaciones aluviales donde se observan las ciénagas.

Los relieves residuales desaparecen rápidamente después de haber disminuido de altura al acercarse al margen del Pantanal. Al E, ya hemos señalado un eskarpe de falla. No puede ser muy antiguo por su mínima disecación, mismo si se toma en cuenta la resistencia alta de las rocas (cuarcitas, lavas volcánicas). Valles cortos, largos de pocos kilómetros, muy estrechos, con fuerte inclinación lo cincelan. Los ríos importantes, los más caudalosos del Pantanal, no han cortado más que valles encañonados, a pesar de presentar un trazado anguloso que hace sospechar su adaptación a alineamientos tectónicos y fajas de trituración lo que explica que el río Coxim, por ejemplo, desemboca muy oblicuamente, de "soslayo", podría decirse en el Pantanal.

En su margen oriental, al S del río Coxim, el Pantanal ofrece claramente el aspecto de un bloque hundido al pie de un escalón de falla reciente, muy probablemente cuaternario.

La información geológica respectiva al embasamiento del Pantanal es escasa. Se hicieron, pues, algunas perforaciones de exploración petrolera. El registro falta de precisión y pormenores para lo que cubre el embasamiento. A pesar de eso, puede comprobarse el gran espesor de estos terrenos. En el margen del inmenso abánico aluvial del río Taquari, a 75 km ESE de Corumbá, la Formación Corumbá que aflora en la ciudad y forma los cerros que la dominan, ha sido encontrada a 130 m de profundidad. Es muy probable que sólo el Cuaternario la recubre. En este caso, la base del Cuaternario se encontraría 30-40 m debajo del nivel del mar.

Más al N, no muy lejos del centro geométrico del mismo abánico, en la Fazenda San Sebastião, el embasamiento culmina a 227 m debajo de la superficie, es decir por lo menos a -120 m. A la Fazenda Piquiri, al N del río Piquiri, no se ha encontrado todavía el embasamiento a los 420 m de profundidad, es decir a los -300 m. En el abánico del río Taquari, pero más al S, OSO de União (Faz San Bento), la perforación fue parada a 320 m sin haber encontrado la base del Cuaternario. Esta tiene que ubicarse a una cota inferior a -180 m.

Estos datos no nos permiten pormenorizar la tectónica del Pantanal, pero nos autorizan a afirmar que ello es una fosa de hundimiento. Su margen oriental consiste en una serie de escalones de fallas "en échelon". Al N, al O y al S, se trata de un vasculamiento suave, lo que provoca el recubrimiento de las explanadas, probablemente anteriores al Cuaternario, por los grandes derrames aluviales en forma de abánicos. En el N, donde afloran calizas, estas explanadas han sido perforadas por numerosas dolinas, ahogadas en el presente. Cuando se han excavado, las explanadas tenían que encontrarse algo más altas que el acuífero: es decir que el centro del Pantanal era necesariamente a una altura menor que ellas. El ahogamiento posterior de las dolinas sería la consecuencia de la acumulación de una cantidad enorme de material aluvial desencadenada por el hundimiento. El Pantanal sería un área afectada por subsidencia durante el Cuaternario. Es posible que el relleno cuaternario esconde algunas fallas pero más bien nos parece que el Pantanal es una depresión de ángulo de falla, en forma de sinclinal muy abierta de eje O-E, busando para E y cerrando a E por una serie de fallas aproximadamente N-S. La subida tectónica hacia el S ha cerrado la depresión cuyo fondo es debajo del nivel del mar. El río Paraguay ha sido obligado en cortar el embasamiento basculado y levantado al S de la fosa, lo que explica la poca profundidad de su lecho y las dificultades que ella ocasiona para la navegación.

El Pantanal nos parece integrarse en la faja de contacto entre el escudo brasileño y el sistema andino. La orogénesis andina, caracterizada en el N de Chile y el S del Perú por un paroxysmo pliocuaternario, resultó en una fragmentación del margen del escudo en una serie de bloques desnivelados. El Pantanal es uno de ellos.

La tectónica explica la altitud baja de una larga faja de territorio al E de los Andes, desde el río de la Plata hasta el S de Amazonia, pasando por el Chaco argentino y el Pantanal. Esta disposición orográfica influye sobre el clima. Ella permite, en particular, la migración, varias veces por siglo, de masas de aire frío patagónico hasta el S de Amazonia. Los brasileños las llaman "friagens". Acompañadas de lluvias y de viento, ellas pueden hacer bajar la temperatura a los 10°, nada más, en río Branco, capital del Estado de Acre, a sólo 10° de latitud S. Después de pasar la frente fría, el tiempo se torna muy claro. Por otra parte, masas de aire tropical húmedo pueden llegar desde el NE en el Pantanal. Ellas se caracterizan por fuertes lluvias, principalmente sobre el Planalto Mato-Grossen-

se, drenado por el río Taquari y por parte por el río San Lorenzo que inundan el Pantanal.

El clima actual del Pantanal se caracteriza por una cierta inestabilidad, como consecuencia de los dos principales fenómenos que acabamos de recordar. Pero, puede clasificarse como clima tropical, con una estación seca durante el invierno austral. Es lo que explica la vegetación de bosque espinoso y denso, xeromórfico, del Chaco, que se encuentra al O y al SSO del Pantanal. Al E, el Planalto Mato-Grossense entra en el área de los cerrados del Brasil central, es decir, una formación vegetal caracterizada por un estrato muy abierto de arboles de unos 10 m de alto, con un estrato arbustivo denso en el cual se encuentran algunas especies xeromórficas, y por fin, un estrato bajo de matorral bajo y plantas herbáceas. Al N, en pocas centenas de kilómetros, se pasa del cerrado a la selva tropófila y a la selva amazónica. En el propio Pantanal, las lluvias alcanzan una media anual del orden de 1.500 mm en el margen NE, de 1250 en el margen S y un mínimo de 800-900 mm en los alrededores de Castelo y de la confluencia del río Cuiabá y del río Paraguay. No son de ninguna manera, condiciones subáridas, falta mucho. Pero, por la característica del medio ambiente, el régimen hídrico es más influenciado por la hidrología de los ríos que por las precipitaciones.

Para entender la hidrología del Pantanal, debemos examinar sus acumulaciones aluviales.

## II. LAS ACUMULACIONES ALUVIALES

El patrón de la red hidrográfica del Pantanal aparece paradójicamente. Acabamos de mostrar que la fosa de hundimiento del Pantanal es basculada hacia el E. Ahora bien, el río Paraguay costea su margen occidental, muy cerca del contacto entre las acumulaciones aluviales y las explanadas cortadas en el embasamiento. La depresión del Pantanal, la recorren afluentes nacidos en los relieves más altos que la rodean. La disimetría de la red es notable: todos los afluentes importantes, el río Paraguay los recibe en su margen izquierdo: río Cuiabá, con sus afluentes, los ríos San Lorenzo, Piquiri y Cuiabá Mirim; río Taquari, río Aquidauana que recibe los ríos Niosque y Miranda. En el margen derecho, los únicos afluentes perenes son los de agua arriba, el río Cabacal y la corixa Grande. Este último, en realidad, es más una ciénaga que un río en su cauce inferior, lo que significa "corixa": vegetación de pantano con un movimiento muy lento de un espejo de agua de nivel bastante fluctuante. Todos los demás afluentes de margen derecho, o son "canales", es decir, brazos con corrientes alternativa que unen un río y un lago o dos lagos entre sí, o son arroyos con escorrentía espasmódica, funcionando como guadis. Esto tiene su explicación en el clima más seco del Chaco boliviano y paraguayo.

La llanura del Pantanal es muy débilmente inclinada del E hacia el O. En el centro de la fosa, por ejemplo, el margen oriental se encuentra aproxi-

madamente a 190 m de altitud cerca de Coxim y del río Taquari, y las orillas del río Paraguay en Porto San Francisco, a 91 m. El desnivel es de 100 m sobre una distancia en línea recta de 280 km, es decir una pendiente media de 0,035% o unos 35 cm por 1 km. Ya podemos entender la falta de encauzamiento y la gran extensión de las inundaciones. En el N, el panorama es semejante: a lo largo del río Cuiabá, la vega es a 120 m de altitud en Retiro Biguacanal a unos 30 km del pie de la Serra da Chacororé. El confluente en el río Paraguay se encuentra a 91 m. La distancia, siempre en línea recta es de 220 km, lo que indica una inclinación media de sólo 0,0136%, o unos 13,6 cm por km. Lo mismo se observa en el S, a lo largo de la vega del río Aquidauana, cuya altitud es de 147 m en Aquidauana y de 85 m en el confluente con el río Paraguay, a unos 220 km de Aquidauana (pendiente media 0,028% o 28 cm/km). La pendiente es algo superior en el centro de la depresión que en sus extremos N y S.

Estas características topográficas son la consecuencia de la disposición de las acumulaciones aluviales. El Pantanal consiste en una serie de inmensos abánicos aluviales coalescentes, de pendiente sumamente débil. El perfil Coxim — Porto San Francisco coincide aproximadamente con la generatriz central del abánico del río Taquari. Es porque allí la inclinación es relativamente fuerte. Se trata de una "cumbre" de abánico, más alta que las faldas laterales. El propio río Taquari no corre a lo largo de este eje de abánico, pero, con un trazado curvado, a lo largo de su margen derecho. Este tipo de disposición se encuentra frecuentemente sobre los conos de deyección, pero con una topografía más acentuada y sobre áreas de superficie mucho más reducida. Es por esto que no nos parece conveniente llamar estas acumulaciones de "conos de deyección" lo que daría una impresión falsa de su topografía. Por eso las llamamos abánicos aluviales.

Los abánicos aluviales tienen sus ápices en el piedemonte de las sierras del Precámbrico, generalmente en débiles concavidades de la topografía generadas por la coalescencia de dos explanadas de inclinación distinta, apoyadas sobre relieves residuales diferentes. Hacia abajo, se pasa de una simple vega, ocupando el fondo de un valle definido, a un abánico, sin más valle, que se ensancha paulatinamente pero rápidamente. Por ejemplo, el abánico construido en conjunto por el alto río Paraguay y el río Jauru empieza en Cáceres, donde confluye el río Cabacal pasa, en superficie, de los 7.500 km<sup>2</sup>. Su ancho, en línea recta llega a unos 140 km en su extremidad baja. Al S, el abánico del río Miranda aguas abajo del puente del ferrocarril, tiene una longitud de 150 km, el del río Aquidauana, aguas abajo también del ferrocarril, algo como 130. En conjunto, cubren entre 9.300 y 9.500 km<sup>2</sup>, por una cierta incertidumbre al respecto de sus límites, que faltan de claridad. Los desparramaderos edificados conjuntamente por los ríos Cuiabá y San Lorenzo tienen una superficie de 27.000-28.000 km<sup>2</sup>, mucho mayor que la del abánico del alto río

Paraguay. Pero, la mayor parte del Pantanal, la ocupa el desparramadero del río Taquari (Coxim), cuyo generatriz mide 150 km de longitud y cuya base a lo largo del río Paraguay, unos 275...

Estos desparramaderos en forma de abánicos no son activos en el presente. Los cubre una vegetación densa de bosques cienagosos y de sabanas arboladas. Muchos cauces se observan en su superficie, pero ellos son discontinuos. Salen de una depresión más húmeda, que se inunda durante las crecientes. Forman una cuneta muy suave y poco honda, pero más húmeda que los alrededores, y por eso, colonizada por una vegetación distinta, que puede identificarse muy bien sobre los mosaicos de radar por su reflectividad fuerte. En período de aguas altas o de inundación, una cierta escorrentía, muy lenta, se produce en ella. El nombre que se le da en el Pantanal es "vazante" o "corixa". Corixas y vazantes son también, frecuentemente alimentadas por manatales localizados a lo largo de rupturas de pendiente de la superficie del desparramadero o más frecuentemente, en sitios donde cambia el fácies del material aluvial. En efecto, los abánicos consisten de arena, con algunas pocas gravillas en la parte alta, de limos y de arcillas. La arena fue acumulada en forma de bancos en los cauces o a lo largo de sus orillas. Los materiales finos se depositaron por decantación en cubetas. Frecuentemente un brazo se termina en forma de pequeño delta en una cubeta. El agua infiltrada en su material arenoso se encuentra representado, a su extremidad por la desaparición de las fácies arenosas y, por consecuencia sube hasta la superficie donde ella forma un manatial. Las inundaciones en el apice de los desparramaderos permiten la alimentación de estos pequeños acuíferos. Pero, pocos, muy pocos, son las vazantes que tienen una continuidad suficiente para confluir en un río. La mayoría de ellas se pierde paulatinamente aguas abajo. La cuneta suave en la cual han nacido se evanece. El escurrimiento del agua, sobre pendientes tan débiles es tan lento que el agua se esgota por evaporación y por la transpiración de la abundante vegetación que ocupa la vazante. El déficit de escurrimiento debe ser enorme...

Las crecientes provocan desbordamiento de los ríos tanto más fácilmente que sus orilla son bajas y discontinuas y que, por otra parte luego que ellos llegan en el área subsidente, su perfil longitudinal se caracteriza por una inclinación sumamente débil. Las crecientes son frecuentemente bruscas cuando llegan en el Pantanal, principalmente las de los ríos encajonados del Planalto Mato-Grossense, como consecuencia del encañonamiento, pero rápidamente por la falta de pendiente, se desparraman. Las selvas de galería, muy desarrolladas en la parte de arriba de las vegas, disminuyen la violencia de los desbordamientos, que pasan a tomar la forma de láminas de inundación. También, estos bosques de galerías, por el frenamiento de la corriente (efecto de rugosidad) provocan una importante decantación del material en suspensión. Por esto, los desparramaderos actuales no edifican más los abánicos aluviales. Sólo una pequeña cantidad de material fino se deposita en la depresiones, donde se mezcla con muchos

detritos vegetales, generando un material turboso. Los desparramadores no son más formas activas, a lo mejor, son *formas relictuales*. A pesar de ello, siguen desempeñando un papel hidrológico de suma importancia.

Debemos investigar, pues, las condiciones en las cuales se edificaron estos enormes abánicos aluviales, condiciones que fueron, necesariamente, diferentes de las actuales.

### III. CONDICIONES PALEOGEOMORFOLOGICAS EN EL PANTANAL

La extensión enorme de los desparramaderos y su volumen más enorme aún implican:

1 — Que grandes cantidades de material detrítico fueron suministradas por las cuencas superiores de los ríos. El Planalto Mato-Grossense presenta un modelado de disección muy intensa con una fuerte densidad de valles en algunas de sus partes, al pie de las cuevas principalmente, donde afloran rocas blandas: areniscas casi sin consolidar, arcillas pelíticas, etc. Es una de las fuentes importantes de la acumulación aluvial en el Pantanal. Estas fácies ocupan extensiones relativamente grandes en la cuenca del río Coxim-Taquari, lo que coincide con la magnitud excepcional del abánico del río Taquari. Otros se encuentran en las cuencas también edificando derrames de importancia al pie de los planaltos y escalones de la cobertura paleo-mesozoica.

2 — Que por otra parte, la acumulación no era frenada o encauzada, en el Pantanal por una cubierta vegetal densa, como es el caso actualmente. El estudio de los mosaicos de radar nos mostró una cantidad increíble de canales formando una red transada sobre casi toda la superficie de los abánicos. Sólo en algunas partes distales de ellos, falta este padrón; se trata en este caso, de decantaciones de cubetas de material fino. Ellas se ubican principalmente en el S y SO del abánico del Taquari y la parte más baja del abánico del alto Paraguay y del río Cuiabá. En estas áreas hay muchos hundimientos excavados por deflación; lo que también obliga a rechazar una cubierta vegetal densa y cerrada.

Estos dos requerimientos nos hacen concluir que, por lo menos cuando se acumularon los materiales de la parte superior de la acumulación, las condiciones climáticas no permitían el crecimiento de una cubierta vegetal bastante densa para asegurar una fitoestabilización del terreno, sea en las áreas de disección, sea en las acumulaciones. Ahora bien, el Planalto Mato-Grossense, es el presente, la parte más húmeda de toda la región. Podemos deducir que la aridez debía ser mayor en otras partes. Esta opinión se apoya sobre varias observaciones.

En ciertas partes del Pantanal, pueden observarse una gran cantidad de depresiones cerradas, sin desagüe, de formas semi-circular, con margenes suaves, poco profundas. La mayor parte de las que pueden identificarse sobre los mosaicos de radar tienen un diámetro de la orden de 1 km. Ellas

son numerosísimas en la parte distal del abánico del río Taquari en el S y SO. Otras, generalmente mayores, con diámetros de 5-6 km mas de ubican en las vegas del cauce inferior del río Cuiabá y del alto Paraguay, y en la llanura entre ellos.

Las cubetas son inundadas algunas de manera permanente, otras sólo durante los períodos de lluvias y crecientes. En época seca, como la de los vuelos de levantamiento de cobertura de radar (1976), muchas cubetas no son inundadas, pero muy húmedas, con una vegetación cienegosa. Otras, inundadas por agua poco profunda, son totalmente recubiertas de vegetación anfibia, con intensa reflectividad de la onda de radar. Actualmente, todas estas depresiones se obliteran. Una colmatación de los detritos vegetales, a la cual se añade, en ciertos casos, material fino de decantación traído por la llegada de aguas de inundación, en algunos pocos casos, divagaciones de brazos de ríos son los procesos que, paulatinamente generan esta obliteración.

En el S del abánico del río Taquari, una parte de estas cubetas consiste de suelo desnudo, arcilloso con concentraciones de sales que cristalizaron por evaporación en las partes más hondas. Se llaman "barreiros" en la comarca. La fauna silvestre y el ganado los conocen bien y los frecuentan para lamer el suelo y lograr la cantidad de sal que su organismo necesita. Un geólogo realizando investigaciones de minería, J. da Cunha, en un informe en 1943, describe los barreiros. Señala, también en sus cercanías, pozos con agua salobra. Cerca de Nhecolândia, en esta área el midió en una laguneta, un PH de 9 y, en otra, más al E uno de 10, en una laguneta de 5 ha de extensión. Según él, las sales son cloruro de sodio y salitre. El mismo autor indica la presencia de tales lagunas y depresiones saladas en los alrededores de Porto Espiridiao, antiguamente llamado Porto Salitre... en la alta cuenca del río Jauru, en los alrededores de Cáceres, de los ríos San Lorenzo y Cuiabá, a los largo del río Paraguay entre Corumbá y Porto Murtinho. Estas áreas son efectivamente las donde hemos identificado depresiones cerradas sobre los mosaicos de radar.

Estas depresiones saladas todavía permanecen desnudas en las condiciones climáticas húmedas actuales, por el exceso de sal que perjudica las plantas. Las interpretamos como favorables a la deflación eólica. Como en la Pampa Deprimida (Rep. Argentina), durante un período reciente más seco, la deflación eólica ha excavado depresiones cerradas en ciertos ligeros hundimientos de la superficie del suelo donde se concentraban las sales y donde, por consecuencia, la cristalización de la sal provocaba una desgregación de la arcilla y, sobre todo, de los limos finos. Agregados cementados por cristales de sal tenían la granulometría de arenas finas lo que tornaba fácil la deflación. Estas depresiones son *sebkhas* atestando un período de clima arido. Una breve nota de R. O. Sánchez (1977) señala la existencia, en la parte distal del desparramadero del río Taquari, al E de Corumbá, la existencia de pequeños cordones, de 2-5 m de alto, alrededor de estas cubetas: es un rasgo típico de las *sebkhas*.

Al S del Pantanal, en la región de serranías constituidas por el embasamiento precámbrico alzado, donde el clima actual es más seco, hemos identificado, sobre imágenes de LANDSAT, una serie de fenómenos de endoreismo:

2 — En el Chaco paraguayo, antiguos valles, anchos y poco encajados, se pierden en pequeños desparramaderos con cubetas terminales de las cuales no sale ningún cauce. Se excavaron probablemente durante un período más húmedo, como parte de una red hidrográfica integrada y exoréica. Pero, actualmente, aguas arriba de los desparramaderos, sólo funcionan una escorrentía espasmódica. En las cubetas terminales, estas crecientes-relámpagos alimentan lagunas intermitentes. La composición de color infrarrojo de la escena LANDSAT del 22 de julio de 1976 poco diferente del registro de radar, muestra en estas cubetas aguas muy cargadas de sal y de materia en suspensión. El clima actual no es suficiente húmedo para permitir la organización de una hidrología exoréica. Permanece todavía, de manera relictual, una red endoréica elaborada durante un período árido reciente, probablemente el mismo que el que permitió la formación de las sebkhas del Pantanal.

3 — En el margen brasileño del río Paraguay, se encuentra una mesa baja cubierta por el mismo tipo de vegetación que en el Chaco Paraguayo. Pueden observarse, al pie de la S. de la Bodoquena, en la Reserva India de la FUNAI cerca de Porto Braga, una serie de cubetas cerradas donde se terminan los arroyos bajando de la sierra. La composición de color LANDSAT en su orilla, puede apreciarse un anillo delgado y discontinuo de vegetación con poca materia verde, probablemente una formación abierta de halofitas.

Las mismas manifestaciones de hidrología semi-árida se observan también en la escena de LANDSAT contigua al S, cerca de los R. Apa y Tereré y del río Perdido, cuyo nombre es significativo... Los ríos Amaguijá y Córrego se pierden sobre un desparramadero donde las pequeñas cubetas saladas son numerosas.

Más al N, el río Paraguay no recibe ningún afluente notable del Chaco tanto paraguayo como boliviano. Sólo se observan cauces con escurrimiento esporádico que nos llegan hasta la llanura de inundación del río Paraguay.

Todo el material aluvial acumulado en el Pantanal viene de sus márgenes E, N y S. Nada fue suministrado por el margen chaqueño. Durante los períodos secos del Cuaternario, ella ha permanecido bastante más seca que las otras. Lo demuestra claramente la disposición de las acumulaciones aluviales.

Ya hemos señalado que el abánico del alto río Paraguay es relativamente más modesto. En su parte baja, el fue "empujado" en dirección del O por los aportes más abundantes del río Cuiabá, que el mismo, en su vez, lo fue por el abánico del río Taquari. Todo eso refleja una verdadera jerarquía en la abundancia del aluvionamiento. El propio río Paraguay

ha edificado su desparramadero al SO de la S. das Araras, el rededor de Uberaba, hasta Orion. La Corixa Grande, cuya cuenca es de poca extensión y cuyos aportes detríticos fueron débiles, dibuja una amplia curva marginando el extremo del abánico del río Paraguay. Su perfil longitudinal tiene muy poca pendiente. Por falta de material aluvial, la Corixa Grande no ha podido rellenar su valle en forma de vega: lo ocupan ciénagas y, en su extremo, una laguna, la Laguna Uberaba, represada por el desparramadero del río Cuiabá sobre el margen del cual se estableció el cauce del río Paraguay.

Aguas abajo, el río Paraguay ofrece un aspecto de corixa. Su cauce se ubica al "pie" (si se puede decir, con pendientes tan ínfimas), de los abánicos de sus afluentes de izquierda, ante todo del río Taquari, hasta Porto Manga. El desparramadero del Taquari ha llegado hasta las explanadas con relieves residuales del Chaco y recubre dichas explanadas entre las sierras — islas, con una inclinación muy débil, pero orientada en dirección contraria a la de las explanadas. En esta parte distal del abánico, el material se torna fino. Digitaciones de desparramaderos han penetrado en dirección del O entre las serranías residuales. Pero, sólo una pequeña porción del material ha podido dar la vuelta atrás de estos relieves. Inmediatamente, al O de ellos, se localizan áreas de acumulación deficiente. Con el cambio de clima para más humedad, estas depresiones se ahogaron. Las ocupan, presentemente, lagunas y lagos en las cuales entra el agua del río Paraguay durante las crecientes. Cuando bajan las aguas, una parte de ellas vuelve al río Paraguay. La comunicación se establece por el intermedio de ciénagas en las cuales, en algunas partes, aparecen canales definidos. Ciertos lagos comunican también entre sí por canales, como el Canal Pedro II que une, sobre una distancia de unos 100 km, la Laguna Uberaba con el Lago Gaíba. La Laguna Uberaba recibe aguas del río Paraguay por el intermedio del Bracinho. Otro brazo del Paraguay llega directamente al Lago Guaíba. Además, sobre una distancia de 40 km aguas abajo de Porto Conceição, el margen derecho del río Paraguay la ocupan las ciénagas desde las cuales el agua se dirige en dirección de los lagos. Otro canal más une al río Paraguay al L. Gaíba aguas arriba de Tres Bocas: el Riacho de Gaíba cuyo ancho es igual a el del propio río Paraguay hasta los lagos, desde los lagos hasta el Paraguay y de un lago a otro, en función de los cambios de niveles del propio río Paraguay. En efecto muy escasa agua llega del Chaco en los lagos. Esta circulación, muy lenta por la casi ausencia de pendiente, permite una amortiguación eficiente de las crecientes, pero, también provoca enormes pérdidas de agua como consecuencia de la evaporación y del consumo alto de la vegetación ciénegosa. Aumenta, por consecuencia, el déficit de escurrimiento. Una parte de las aguas del L. Gaíba, durante las crecientes fuertes sigue su camino hasta el otro lago, la L. Gaíba Mirim, en territorio boliviano, pero, desde allí, nunca regresan al río Paraguay: desaparecen por evaporación.

Estos lagos se caracterizan por un nivel fluctuante, de acuerdo con esta circulación muy compleja. Su extensión cambia mucho:

	L. Gaíba	L. Gaíba Mirim
Período de aguas bajas	55 km <sup>2</sup>	20 km <sup>2</sup>
Período de aguas altas	105 km <sup>2</sup>	40 km <sup>2</sup>

En período de aguas bajas, una alta proporción de la superficie de estos lagos, la cubre la vegetación, enreigada o fluctuante: la mitad en el L. Gaíba Mirim. El L. Gaíba es muy raso: en período de estiaje, los 2 kms de su extremidad N ofrecen una profundidad de 0,1-0,6 m, nada más. MINTER evalúa a 1480 km<sup>2</sup> la superficie de las ciénagas a lo largo del río Paraguay entre la L. Uberaba y Tres Bocas, de las cuales 400 km<sup>2</sup> los ocupan espejos de agua permanentes.

Este ejemplo presentado de manera pormenorizada, es perfectamente ilustrativo. Varios otros lagos se localizan sobre el margen derecho del río Paraguay y comunican con el con escurrimiento alternativo: los principales son los lagos Mandioré (con extensiones extremas de 80 km<sup>2</sup> y 200 km<sup>2</sup> en período de creciente mediana), do Castelo (70 km<sup>2</sup> en aguas medianas), Cáceres (90 km<sup>2</sup> en aguas medianas, de los cuales 30 cubiertos de vegetación). Las ciénagas son extensas. Defluentes salen del río Paraguay en dirección de los lagos (Riacho de Conceição, que alimenta 220 km<sup>2</sup> de ciénagas y lagunetas, Canal Tamengo que alimenta el Lago Cáceres, Tuiuiu cerca de Corumbá). El Paraguay Mirim es un "paraná", es decir, un defluente que se une nuevamente, aguas abajo, al río del cual viene. Su longitud es de sólo 122 km contra 174 por el río Paraguay.

El tipo de cauce del río Paraguay sigue alimentando ciénagas y difluentes hasta Porto Esperança, donde se edificó el puente del ferrocarril a Bolivia, por Corumbá. Allí se termina el Pantanal típico. A pesar de escapar una parte del agua a la evaporación por encontrarse infiltrada en los desparramaderos arenosos, podemos entender porque el río Paraguay es tan poco caudaloso... Aguas abajo, el recorre áreas más secas lo que no mejora su módulo y explica la escasa profundidad de su lecho al cruzar barras rocosas y los problemas de navegación por ella.

Bajo el río relativamente húmedo de nuestra época, cantidad impresionante del agua de la cuenca alta del río Paraguay se pierde por evapotranspiración en el Pantanal. Podemos entender fácilmente que, durante épocas más secas del Cuaternario, los caudales no fueron suficientes para permitir el exoreismo. La disposición de los abánicos, principalmente del mayor de ellos, el del Rio Taquari, muestra una tendencia de la acumulación aluvial en ahogar el propio Pantanal. Aguas abajo de Porto Esperança, el cauce del río Paraguay se torna alóctono a la región recorrida: el río no recibe afluentes en su margen derecho y uno sólo en el margen izquierdo, el río Apa, unos 300 km aguas abajo de Porto Esperança, en línea recta. Opinamos que, a lo largo de este tramo, el río Paraguay ha

instalado su cauce recién, cuando el clima se vuelve a ser húmedo, probablemente al inicio del Holoceno, si nos basamos sobre lo que pasó en Amazonia y en la Pampa Deprimida argentina, es decir, al N y al S de nuestra área de estudio. El endoreismo del Alto Paraguay es el resultado de la combinación de dos mecanismos diferentes:

- oscilaciones climáticas al nivel del continente suramericano
- la subsidencia cuaternaria del propio Pantanal

## CONCLUSION

Terminaremos enfocando algunas consecuencias de la evolución geomorfológica que acabamos de reconstruir:

— El control de las crecientes e inundaciones en el Pantanal es un problema altamente complejo. Es posible que la edificación de algunas represas grandes sobre los ríos cerca de su llegada al Pantanal, alivie la situación. Pero, tales obras tienen que ofrecer una gran capacidad de almacenamiento, y por consecuencia, serán de muy alto costo. Por otra parte, la cuenca del río Taquari-Coxim, que desempeña el mayor papel en este caso se caracteriza por importantes superficies intensamente disecadas durante el último período seco. Ofrecen una altísima torrencialidad potencial. Si se reactivan, ellas van a producir nuevamente grandes cantidades de sedimentos, arena, limos, arcilla, que van a colmatar los embalses futuros. Ahora bien, modificaciones muy rápidas están produciéndose en la explotación del Planalto Mato-Grossense. Los mosaicos de radar muestran campos enormes recién desbravados y quemados, algunos de millares de hectáreas cada uno. El cultivo mecanizado de la soya se extiende muy rápidamente. El peligro de cambios drásticos en el escurrimiento y en el arrastre aluvial se torna agudo. Una planificación al nivel regional, de tipo integrado, inspirada por la filosofía del Programa MAB de la UNESCO, es una necesidad urgente.

— Los cambios muy importantes en la morfodinámica que acabamos de demostrar y los cambios climáticos estrechamente asociados con ellos, nos dan pensar que la vegetación muy específica del Pantanal es una vegetación pionera, recién instalada. Como en Amazonia, nos parece haber colonizado el Pantanal como consecuencia de la oscilación húmeda del Holoceno. Faltan los estudios biogeográficos, pero el problema debe ser planteado. Hemos enfocado la persistencia de varios rasgos de aridez de carácter relictual. Logicamente, no pueden limitarse a los aspectos geomorfológicos. Lo mismo debe aparecer en las biocénosis, incluso en las formaciones vegetales. Su estudio es necesario para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Estas investigaciones deben apoyarse sobre el estudio geomorfológico. En el presente trabajo, hemos enfocado la importancia de las aguas subterráneas superficiales en el Pantanal. Ellas se alimentan a partir de las inundaciones que afectan la parte alta de los desparramaderos.

En una gran parte del área, los vazantes y las corixas recojan el agua de manantiales y son una fuente de abastecimiento indispensable para la cría del ganado. Si se edifican represas de control de las crecientes, no van a alimentarse más estas aguas subterráneas y este recurso va a desaparecer. Esto merece mucha atención. Para evitar este grave inconveniente, sería necesario realizar una ordenación del ambiente que incluye una recarga del acuífero aguas abajo de las represas. Solución técnicamente delicada y, de todas maneras, muy onerosa...

El Pantanal es un ambiente muy complejo y de alta sensibilidad. Cualquiera intervención debe ser muy cuidadosamente planeada y basada sobre conocimientos que faltan todavía. Cambiar algo en su dinámica puede resultar en consecuencias indirectas muy graves. Es bien posible que funcione, en su caso, una ley de nada o todo... Si intentamos cambiar algo, debemos cambiarlo por completo. El riesgo de fracasar es grande.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida (F. Marques de), Lima (M. Alves de), 1956: *The West-Central Plateau and the Mato Grosso "Pantanal"*. XVIII th Intern. Geogr. Congress, Rio de Janeiro. Excursion Guide-Book N.º 1, 129 p., fig.
- Cunha (J. da), 1943: Cobre do Jauru e lagoas alcalinas do Pantanal (Mato Grosso). *Bol. Lab. Prod. Mineral*, Rio de Janeiro, N.º 6,43 p., fig.
- Klamer (G), 1981: Landforms, cyclic erosion and deposition, and late Genozoic changes in climate in Southern Brasil. *Z. für Geom.*, 25 (2), p. 146-165.
- Mendes (J. Camargo), 1957: Grutas calcárias na Serra da Bodoquena, Mato Grosso. *Bol. Paulista de Geogr.*, N.º 25, p. 70-77.
- MINTER (Ministério do Interior), DNOS, s.d.: *Estudos hidrológicos da banda do Alto Paraguay*. Relatório Técnico, 1966-1972. 4 Vol., XXIII + 284 p, VIII + 230 p, XII + 630 p, XIX + 664 p, fig. Brasília, PNUD UNESCO BRA-66.521.
- Ministério das Minas e Energia, DNPM, 1976: *Convênio DNPM/CPRM: Projecto Bodoquena*, Relatório final, Texto integrado, Vol. I, 247 p. fig.
- RADAMBRASIL, Projeto: 1979: *Estudios preliminares visando o controle de enchentes na bacia do Alto Paraguay*. Texto Dactilografado, 35 p.
- Sanchez (R. O.), 1977: *Estudio geomorfológico del Pantanal: Regionalización y sectorización geográfica de la depresión de la alta cuenca del Río Paraguay*. EDIBAP, Convenio Gob. Brasileiro-UNDP-OEA. Programas de des. Reg. de la OEA, 50 p., 1 carta.
- Silvestre (D. F. Filho), Romeu(N), 1974: *Características o potencialidades do Pantanal Mattogrossense*. IPEA, EST. para o Planejamento, 10.
- Valverde (O), 1972: Fundamentos geográficos do planejamento rural do Município de Corumbá. *Rev. Brasileira de Geogr.* 34 (1), p. 49-144.