

IMPACTO DE LA HIDROELECTRICA DE BAYANO EN LA TRANSMISION DE ARBOVIRUS* **

Dr. Pedro Galindo, APMC***

Dr. Abdiel J. Adames****

Dra. Pauline H. Peralta*****

Dr. Carl M. Johnson APMC, FCAR*****

Dr. Robert Read*****

* Estos estudios fueron conducidos en el Laboratorio Conmemorativo Gorgas (LCG) de Panamá, con la ayuda financiera de los subsidios AI-02984 y AI-11889 del Instituto Nacional de Alergia y Enfermedades Infecciosas, del Servicio de Salubridad de los Estados Unidos de América.

** Presentado para publicación en diciembre de 1982.

*** Director Emérito y Asesor del LCG.

**** Jefe del Departamento de Ecología en el LCG.

***** Investigadora del Departamento de Virología en el LCG.

***** Director Emérito y Asesor del LCG.

***** Investigador Asociado del LCG y Profesor en el Departamento de Meteorología de la Universidad Estatal de San José, San José, California.

Reimpreso de la Revista Médica de Panamá 8(2):89-134, Mayo, 1983.

IMPACTO DE LA HIDROELECTRICA DE BAYANO EN LA TRANSMISION DE ARBOVIRUS

Este estudio fue realizado para determinar el efecto de los cambios ambientales causados por la construcción de la hidroeléctrica de Bayano, y sobre la dinámica de la transmisión de arbovirus en el área.

Para lograr estos objetivos, se midió la tasa de transmisión de los virus antes, durante y después del embalse del río y de la formación de un lago en una superficie de 350 km², que inundó grandes extensiones de bosques tropicales. El período de preembalse en nuestro estudio fue de septiembre de 1972 hasta marzo de 1976; el embalse duró hasta diciembre de 1977 y los estudios posteriores al embalse continuaron durante 1978.

La dinámica de transmisión de cada virus se determinó midiendo las tasas de aislamiento de los mismos, tanto de artrópodos vec-

tores como de roedores, de aves y de monos centinelas, o por la respuesta serológica de estos animales centinelas, de vertebrados silvestres y de habitantes humanos del área.

El estudio permitió evaluar los efectos sobre los virus EEE, VEE, MAY, YF, SLE, PT, CHG, CAI, NI, GAM, UT, CV, TU y CGL. Los efectos fueron significativos, pero de variada intensidad, dirección y duración en los distintos virus involucrados.

En la interpretación de los resultados se trata de asociar los efectos en los virus con las alteraciones en las poblaciones de sus vectores y hospederos respectivos, producidos por los profundos cambios en el ambiente natural como resultado del embalse. La metodología utilizada en los estudios está al alcance de otros

países tropicales en vía de desarrollo.

El proyecto hidroeléctrico de Bayano fue desarrollado por la República de Panamá como parte de la estrategia para mitigar los efectos de la crisis de los combustibles de fósiles sobre la economía nacional. El proyecto incluía la construcción de una presa sobre el Río Bayano, con la formación de un lago de 350 km² de extensión, e inundación de grandes sectores de bosques tropicales que constituyen la principal cubierta vegetal del área. La construcción de la presa se inició en 1972 y las compuertas fueron cerradas el 16 de marzo de 1976.

El Laboratorio Conmemorativo Gorgas (LCG) organizó un equipo de científicos para diseñar y conducir estudios que investigaran el impacto que tendría el embalse sobre la transmisión de los arbovirus en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico. Estos estudios incluyeron la dinámica de población de los insectos vectores y de los vertebrados hospederos de estos virus, como también el microclima del ambiente natural.

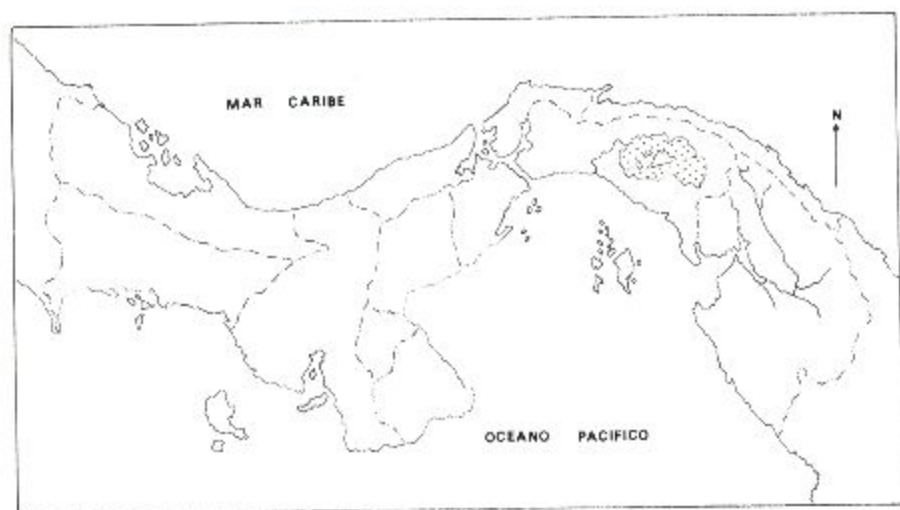
El trabajo aquí publicado presenta un amplio análisis descriptivo de los efectos del embalse sobre el mantenimiento de los ciclos arbovirales que existían en el área, y en el esta-

blecimiento de nuevos ciclos de virus que no estaban presentes en Bayano. En publicaciones futuras haremos detallados análisis estadísticos de aquellos parámetros entomológicos, virológicos y epidemiológicos involucrados en estos ciclos de transmisión arbovirales, a las interacciones entre dichos parámetros biológicos y los factores físicos del ambiente natural.

El Proyecto Hidroeléctrico

La cabecera del Río Bayano está situada en las colinas que separan a Panamá de Darién, las provincias más orientales de la República de Panamá. El Río sigue un curso de este a oeste, serpenteando por 160 km hasta su desembocadura enfrente de la isla de Chepillo, a 45 km al este de la ciudad de Panamá. Durante su recorrido recibe las aguas de 115 afluentes, que drenan una extensión de 3,650 km² de tierras. Antes del embalse, el río arrastraba anualmente un volumen de 7 km³ de agua y de 2 a 3 toneladas de sedimentos. El efecto de las mareas se dejaba sentir hasta 56 km arriba de la desembocadura.

El sitio de la presa está situado a poca distancia río arriba de la desembocadura de su afluente, el Río Cañitas, a 70 km hacia el Noreste de la ciudad de Panamá (Fig. No. 1). Las aguas fueron embalsadas por una presa de hormigón de 67 m de altura, con la ayuda de una presa de tierra



LAGO BAYANO

secundaria para prevenir la fuga de las aguas a través del valle del Río Cañitas. El lago artificial formado por el embalse tiene una longitud de 60 km y una superficie de 350 km² de extensión. La elevación máxima del lago es de 62 m y tiene una capacidad de almacenaje de 5,000 x 10⁶ m³. El tiempo estimado para llenar el embalse hasta su capacidad máxima fue de dos años, con una fluctuación estacional del nivel del lago de varios metros al año.

Descripción del área del Bayano

Geológicamente¹, la hoya del río Bayano está situada sobre una cama de roca sedimentaria, hundida bajo ricos depósitos de aluvión a lo largo del canal principal del río. La hoya está limi-

tada hacia el norte por los riscos ígneos de la División Continental, y hacia el sur por el macizo basáltico de la Cordillera de Majé. Grandes extensiones del Istmo de Panamá permanecieron bajo las aguas del mar durante toda la Era Mesozoica, mientras que un ancho canal mantenía la comunicación entre los dos océanos. El levantamiento general de las tierras del istmo se inició durante el período Cretáceo, en la última parte del Mesozoico. La evidencia recogida en estudios de fósiles marinos indica que la hoya del río Bayano estuvo bajo las aguas del Océano Pacífico durante la mayor parte del Terciario y que la abertura entre los dos océanos probablemente quedó cerrada hacia la mitad del Plioceno,

constituyendo dicha abertura una de las últimas comunicaciones entre los océanos en el istmo de Panamá.

La precipitación pluvial promedio del área de estudio está un poco por debajo de los 2,000 mm anuales; la mediana de la humedad relativa está en 88.4%, mientras que la mediana anual de la temperatura está en 27° C, con un promedio de temperatura máxima de 30° C y de 23° C la mínima.

Estos datos colocan el clima del área de estudio dentro del polígono de Bosque Húmedo Tropical y en el triángulo de transición hacia el de Bosque Seco Tropical, dentro del sistema de clasificación de climas mundiales del mundo de Holdridge². De acuerdo con Tosi³, el clima cae dentro del tipo monzón o del Pacífico, con una prolongada estación lluviosa que se extiende desde la segunda mitad de abril hasta fines de noviembre, y una mucho más corta pero muy severa estación seca.

La cubierta boscosa consiste en gran parte de una asociación de "cuipos" dominada por altos árboles de esa especie (*cavanillesia platanifolia*), los cuales pierden sus hojas durante la estación seca, en cuya época el dosel del bosque da la impresión de haber sido pasto de las llamas. De acuerdo con la opinión de Holdridge (comunicación perso-

nal, 1963), esta asociación probablemente represente los restos de un bosque de crecimiento secundario en climax.

Es probable que la reciente historia geológica de la región haya influido en su desarrollo zoogeográfico. La conexión interoceánica que separaba el istmo en esta región mantuvo separados durante largas épocas geológicas elementos de las faunas centro y suramericanas, de íntima relación filogenética. Este fenómeno se refleja hoy en la composición faunística de la cuenca del Bayano donde ocurren, en forma "simpátrica" o simultáneamente, especies muy cercanas de ambas regiones zoogeográficas, tales como el Saltarín Cabecidorado y el Saltarín Cabecirojo (*Pipra erythrocephala* y *P. mentalis*),⁴ el Mono Araña Negro y el Mono Araña Rojo (*Ateles fuscipes* y *A. geofroyi*)⁵.

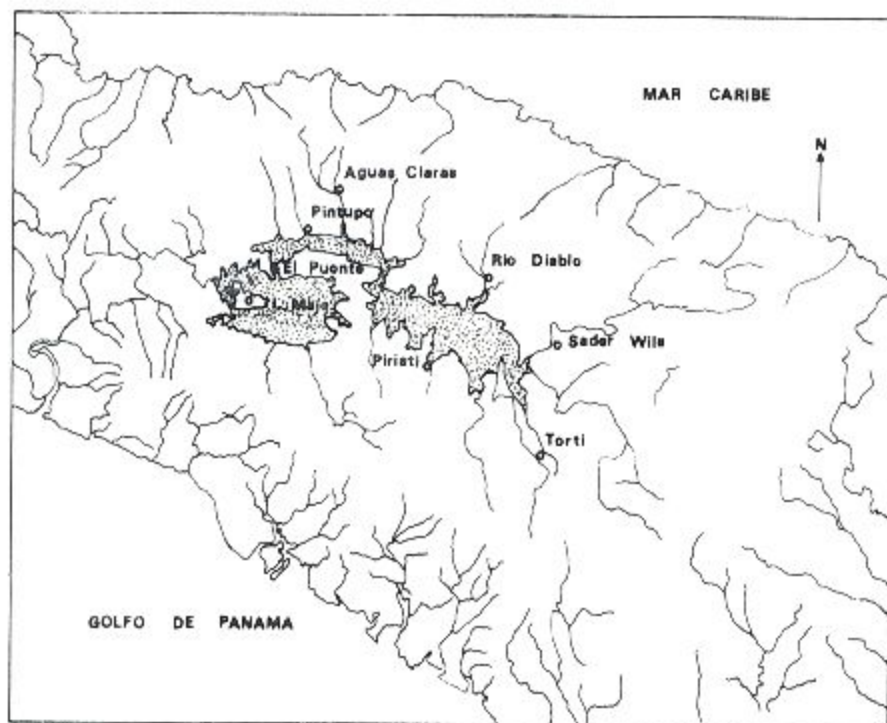
El área bajo la influencia del embalse estaba ocupada por una población de 2,032 habitantes, de acuerdo con datos de un censo de 1977, dispersa en un grupo de aldeas que variaban en su población humana desde unos cuantos individuos a varios cientos de personas.

Esta población estaba dividida en tres grupos étnicos bien definidos de indios cunas, indios chocoes y "colonos" de raza caucásica. Los cunas son los habitantes más antiguos del área;

vivían agrupados en unos doce asentamientos que variaban en su número desde unas cuantas familias, como en el poblado de Majé, hasta varios cientos de ellas, como en el pueblo de Icantí o Aguas Claras. Antes del embalse, las aldeas cunas estaban situadas en las orillas del río Bayano y de sus afluentes principales; la mayoría de ellas tuvieron que ser reubicadas de sus sitios originales a tierras más altas, ya que iban a ser afectadas por las aguas embalsadas. Los indios cunas fluviales, a semejanza de sus parientes isleños de San Blas, son pueblos sedentarios que han ocupado el oriente de Panamá por varios siglos. Los indios chocoes son pueblos nómadas que se han desplazado en tiempos recientes hacia el Bayano, desde la provincia del Darién; estos indios habitaban las comunidades de Majecito e Ipetí Arriba antes del embalse y fueron reubicados hacia la segunda de estas comunidades y hacia Piriati, después que Majecito desapareció bajo las aguas del nuevo lago. Los "colonos" son inmigrantes caucásicos de las provincias centrales de Panamá, que se trasladaron a Bayano durante las décadas de 1950 y 1960. Ellos se establecieron en pequeñas comunidades a lo largo de los afluentes del Río Bayano, más allá de los límites de la Reserva Indígena. La mayor parte de estos colonos fueron reubica-

dos en sitios fuera de la cuenca, debido a su naturaleza agresiva contra el ambiente natural, pero muchos han regresado y se han asentado ilegalmente a lo largo de la carretera interamericana en construcción. Estos colonos no tienen inmunidad natural contra algunas de las enfermedades endémicas de la región, tales como la leishmaniasis, la fiebre amarilla y otras enfermedades arbovirales. De estos tres grupos sociales, los cunas permanecen prácticamente puros, mientras que hay mayor promiscuidad entre chocoes y "colonos" y entre ellos y la población negra que ocupa el río Bayano, más abajo de la nueva presa.

El Sitio de los Estudios. El lugar escogido como principal sitio de estos estudios fue la isla de Majé (Figura No. 2). Originalmente, este sitio era un filo boscoso bajo la cubierta vegetal de una asociación de árboles "cuipos", situado justamente río abajo de la confluencia de los ríos Majé y Bayano. El filo se convirtió después del embalse en la mayor de las islas dentro del lago Bayano, ahora conocida como Isla Altos de Majé o Isla Venado entre los kunas; tiene una superficie de unos 12.5 km². El campamento base para estos estudios fue localizado en un punto que ahora mira hacia la orilla norte del lago. El campamento consiste de tres casas de



madera con malla protectora contra insectos, piso de concreto y techo de hojas de aluminio; los edificios sirven como vivienda y como laboratorio de campo. El campamento está dotado de electricidad y agua corriente. Hacia el extremo norte del campamento hay un helipuerto y en las orillas del lago hay una caseta para servicio de varios botes y motores fuera de borda.

Dos árboles, designados como "torre A" y "torre B", fueron seleccionados para la construcción de plataformas y escale-

ras de madera clavadas a ellos, para facilitar la captura de insectos. La torre A alcanza 21 metros sobre el suelo del bosque y se levanta clavada a un árbol caducifolio (probablemente de la especie *Coccoloba panamensis*), que pierde sus hojas durante la estación seca; la torre B tiene una altura de 20m sobre el suelo y está clavada a un árbol latifolio, de hojas perennes y de la especie *Anacardium excelsum* (espavé). La torre A está situada como a 150 m al oeste del campamento;

y la torre B, como a 400 m al oeste de la torre A. Una estructura aérea, el Puente Alexander Wetmore, fue erigida en la cima de una ladera empinada, como a 40 m al NE de la torre B, para caminar y capturar dentro del dosel superior del bosque. Dicha estructura fue realizada con la ayuda financiera de la National Geographic Society de los Estados Unidos.

Un camino de 1,000 m de largo y 10 m de ancho fue desmontado a través del bosque en dirección norte-sur, empezando como a 25 m de una de las bases del puente Wetmore, para que sirviera en el desarrollo de un programa para atrapar, sangrar, marcar y liberar mamíferos pequeños.

Cuatro estaciones para la captura de aves fueron establecidas, con un total de 30 redes de niebla, entre el campamento principal y el puente Wetmore; seis redes adicionales se colocaron hacia uno de los bordes del campamento.

Métodos

1. Métodos de campo:

a) **Captura de insectos hematófagos.** En octubre de 1972 se inició un programa de capturas de insectos hematófagos en la "torre A". Se llevaron a cabo recogidas por períodos de 24 horas, cada dos semanas, utilizando un hombre en el dosel del

bosque y otro en el suelo de la selva; los recogedores trabajaban en turnos de seis horas, alternándose en los sitios de captura para reducir así los riesgos de prejuicios en las capturas; las capturas provenientes de sitios y períodos distintos se mantenían por separado, para permitir así la asociación de determinadas capturas con la hora del día y las condiciones meteorológicas dentro de las cuales fueron realizadas. Las recolecciones se efectuaron con redcillas para capturar insectos pequeños y un tubo de succión, de manera que dichas recogidas representaban solamente la captura de insectos que eran atraídos al cebo, y de ninguna manera registros de insectos en el acto de chupar sangre. Las capturas individuales efectuadas en cada hora de la recolección recibían un número de registro y eran inmediatamente congeladas, dentro de tubos numerados, en recipientes de nitrógeno líquido. Un programa similar a éste se inició también en la "torre B" en enero de 1974, pero dichas capturas no siempre se realizaron por períodos sin interrupción de 24 horas. Todas las interrupciones en las capturas debido a fuertes lluvias u otras causas fueron cuidadosamente anotadas.

b). **Capturas de mamíferos pequeños y vivos.** Este programa se inició en septiembre de 1973. Con ese fin se armaron 100 tram-

pas, a intervalos de 10 metros y a lo largo del camino desmontado de 1 kilómetro; y 70 trampas adicionales se armaron, tanto en el suelo como en el dosel del bosque fuera del camino, para medir cualquier efecto de "supertrampeo" que pudiera ocurrir en la línea regular de las trampas. Las capturas se realizaban durante dos días consecutivos, cada dos semanas; los animales capturados eran traídos al campamento donde eran marcados con una combinación de recortes de las uñas de las cuatro patas, luego sangrados, apuntados en el registro y llevados al lugar de la captura para ser liberados. Los animales recapturados eran sangrados solamente a intervalos de un mes. Las muestras de sangre eran conservadas a la temperatura del hielo y separadas en el mismo día; los especímenes de suero o de plasma resultantes recibían un número de acceso y eran congelados en nitrógeno líquido, para ser transportados al laboratorio central.

c). **Captura de aves.** La captura de las aves se llevó a cabo en forma irregular, a partir del mes de septiembre de 1972, por medio de redes de niebla; pero siempre se realizaron capturas, por lo menos una vez cada dos meses y en ningún caso más de una vez por semana. Las redes se abrían a las 6:00 AM y se cerraban a las 11:00AM, para ser reabiertas a las 2:00PM hasta las

5:00 PM. Las redes eran atendidas en forma continua por no menos de un hombre por estación, quien tenía la tarea de remover las aves de las redes, ponerlas individualmente dentro de pequeñas bolsas de muselina, marcar cada bolsa con el número de la red en la cual se capturó el pájaro y la hora de la captura. Las bolsas con las aves capturadas eran enviadas al campamento a intervalos que no excedían los treinta minutos, para reducir al mínimo la mortalidad entre las aves capturadas. Ya en el campamento, se colocaban bandas numeradas en una pata de las aves y se sangraban de la vena yugular externa, utilizando heparina como anticoagulante; las muestras de sangre eran mantenidas a la temperatura del hielo y al término del día se separaba el plasma de cada muestra, el cual era congelado en hielo seco para ser transportado al laboratorio central. A cada pájaro que recibía una banda se le asignaba un número de acceso y era registrado en una tarjeta especial de 8" x 5" y en una lista general de todas las aves capturadas en el día.

Las hojas con las listas eran enviadas al laboratorio central, mientras que las tarjetas eran archivadas en el campamento, de acuerdo con el tamaño y el número de la banda, de manera que fuera posible determinar rápidamente el historial de captura de las aves recapturadas con bandas.

Las recapturas eran registradas bajo el número de acceso asignado durante la primera captura y no se sangraban con mayor frecuencia que una vez al mes. Las aves eran dejadas en libertad en el campamento después de estudiadas, para que pudieran volver por sus propios esfuerzos al territorio donde habían sido capturadas.

d). **Exposición de "hámsteres" centinelas.** Desde el mes de agosto de 1973 hasta fines de diciembre de 1978 se expusieron a las picadas de insectos grupos de 16 a 22 hámsteres dorados, durante períodos que variaban de 1 a 5 meses. Estos "centinelas" fueron expuestos durante un período de un mes; los animales que hubieren sobrevivido eran marcados, con el número de sitio de exposición y las fechas de exposición y de retiro; y después eran devueltos al laboratorio central, donde se mantenían bajo observación durante dos semanas, antes de ser sangrados y sus sueros congelados para pruebas serológicas subsecuentes. Ocasionalmente, por razones administrativas, los "hámsteres" fueron expuestos por períodos de aproximadamente dos meses; dos de los grupos se expusieron por períodos de 132 y 149 días, respectivamente. La exposición de los animales se llevaba a cabo introduciendo cada animal en una jaulita de malla de alambre, que permitía el libre acceso

de insectos al interior; las jaulitas eran colocadas en estaciones fijas predeterminadas, que se extendían desde las orillas del lago en el muelle hasta el puente Wetmore. Aproximadamente la mitad de las estaciones estaban situadas en el suelo y la otra mitad en el dosel superior de los árboles del bosque. Los centinelas eran visitados por un inspector una vez al día, quien los examinaba y alimentaba; los animales muertos o moribundos eran trasladados al campamento y aquellos que no estaban en estado de putrefacción eran sujetos a una autopsia durante la cual se removían muestras de tejidos del corazón, pulmones, hígado, bazo, riñones y cerebro, para ser congeladas en N₂ líquido, dentro de tubos debidamente marcados, y luego enviados al laboratorio central. Aquellos "hámsteres" que morían durante su exposición no eran reemplazados en su estación respectiva durante el período en el que fueron expuestos. La exposición regular de "hámsteres" fue suspendida temporalmente desde el 1° de octubre hasta el 13 de diciembre, cuando el virus VEE apareció en el área de estudio en 1977, con el fin de evitar el conocido fenómeno de "reciclaje" del virus entre los "hámsteres" y los mosquitos vectores del virus. Durante ese período se procedió a exponer solo 4 "hámsteres" durante 24 horas a intervalos de dos

días, en aquellas estaciones con mayores probabilidades de producir infecciones de VEE. Estos animales eran mantenidos bajo observación en el campamento durante dos semanas, antes de ser sangrados. Después del 13 de diciembre de 1977 y hasta fines de 1978 se continuó la exposición de 4 "hámsteres" en las estaciones con alto riesgo de infección de VEE, mientras que se renovaba la exposición regular de "hámsteres" en las otras estaciones, pero utilizando animales previamente inmunizados artificialmente contra el virus VEE. Esto se hizo debido a que las infecciones naturales de VEE en los "hámsteres" son fulminantes, altamente virémicas e invariablemente mortales.

e). **Exposición de pollos "centinelas"**. Desde septiembre de 1973 hasta diciembre de 1978 se expusieron 115 pollos de 5 semanas de edad en estaciones fijas situadas tanto en el suelo como en el dosel de árboles, durante períodos que se extendieron desde un mes hasta cinco meses. Conforme los pollos expuestos morían o crecían demasiado, se colocaban otros en su lugar; todos los pollos fueron sangrados antes de ser expuestos y generalmente se sangraba mensualmente a los pollos expuestos, con el fin de detectar conversiones serológicas a los distintos virus presentes en la región; se obtenían las muestras de sangre

de una de las venas del ala; los sueros se separaban en el campamento y eran transportados al laboratorio central, congelados en nitrógeno líquido, para ser sometidos a pruebas serológicas.

f). **Exposición de monos "centinelas"**. Desde julio de 1973 se expusieron 13 monos a las picadas de mosquitos y otros insectos. Nueve de ellos eran macacos, tres eran monos araña rojos y uno era un mono araña negro; el período de exposición para cada mono varió de 29 días a 3 años y 10 meses, con un promedio de exposición de 565 días. Los monos, lo mismo que otros animales centinelas, eran visitados diariamente para ser observados y alimentados y fueron expuestos en jaulas apropiadas. Todas las jaulas con monos fueron expuestas en las copas de los árboles, exceptuando a dos macacos que fueron colocados en el suelo del bosque. Los monos "centinelas" también fueron sangrados antes de ser expuestos y a continuación, generalmente, una vez por mes durante el resto del período de exposición.

g). **Muestras sanguíneas de los grandes mamíferos**. El Laboratorio Conmemorativo Gorgas obtuvo permiso para atrapar y sangrar los grandes mamíferos que iban a ser privados de su hábitat por el corte y las quemas del bosque que ocupaba la hoya del futuro lago, durante 1974 y 1975.

La Sociedad Internacional para la Protección de los Animales (ISPA) de Boston y Londres, organizó una operación de rescate de los animales silvestres que fueron atrapados por las aguas durante el embalse. Nuestro grupo hizo arreglos con la ISPA para que los animales rescatados en los alrededores de Altos de Majé fueran trasladados a nuestro campamento a fin de marcarlos, registrarlos, sangrarlos y luego ponerlos en libertad en sitios apropiados.

h). **Encuesta serológica entre los habitantes del área.** Durante 1977, 1978 y 1979 se llevaron a cabo encuestas serológicas en las comunidades, por lo menos en dos ocasiones distintas, para tener sueros en serie de tantas personas como fuera posible.

i). **Otras actividades de campo.** Después del embalse, durante 1977, se llevaron a cabo dos tipos de actividades de campo en áreas situadas aguas arriba de la isla Altos de Majé. Estas actividades tuvieron como única finalidad, mantener un control comparativo de la actividad arboviral en la isla con la de otras áreas del lago. Las actividades de campo consistieron en la exposición de "hámsteres" centinelas y en la captura de insectos hematófagos por medio de trampas eléctricas CDC para el aislamiento de los virus. Estas actividades se llevaron a cabo en la comunidad in-

dígena de Río Diablo, en la parte media del lago, y en Sader Willa, en la parte superior del lago. La exposición de "hámsteres" y las capturas fueron hechas en forma irregular, razón por la cual los resultados no pueden ser comparados con los de Altos de Majé y solo aparecen por separado en el Cuadro No. 6.

2. Métodos de Laboratorio

a). **Identificación de insectos.** Con un intervalo máximo de un mes, desde la fecha de la captura, los insectos congelados eran identificados, agrupados de acuerdo con el género o la especie, y estudiados para el aislamiento de agentes virales. Los insectos se identificaron bajo el microscopio estereoscópico sobre una plancha fría y fueron agrupados en lotes por especies o por géneros. Los mosquitos y las chitras flebotomíneas de una misma especie se juntaron en lotes que contenían no más de 30 especímenes cada uno; y las chitras *Culicoides*, en lotes con un máximo de 250 especímenes. De una captura diaria se formaron, aproximadamente, 50 lotes representativos de la mayor parte de las especies presentes en esa captura y el resto de los especímenes fueron desechados después de ser identificados, contados y registrados.

b). **Métodos virológicos.** Los lotes de insectos fueron sonica-

dos con el fin de desincorporar las células de los tejidos, en 3ml de un medio compuesto de una parte de solución de fosfato de Sorensen de 0.067M, amortiguada a pH7.6, y una parte de un medio estabilizador de virus que contenía 4% de gelatina hidrolizada, 15% de sucrosa y una mezcla de ácido L. glutámico en concentración de 0.1M, en una solución de fosfato de 0.22M, amortiguada a pH8.0. La concentración final de los antibióticos utilizados fue de 500 unidades de penicilina y 800 mcg de estreptomina por mililitro. Después de centrifugar la mezcla, se procedió a inocular la parte flotante en tubos de cultivo de tejidos dispuestos en estratos monocelulares de células Vero (células de riñones de monos verdes africanos). Los medios de mantenimiento contenían el antibiótico Anfotericina B, además de penicilina y estreptomina. Los tubos de cultivo fueron rotados a 33° - 34°C, y se observaron durante 14 días, para detectar evidencia de efectos citopatógenos. Las suspensiones de insectos fueron inoculadas adicionalmente en ratoncitos recién nacidos (de 0 a 2 días), durante el primer año de operaciones, por las rutas intracerebral (i.c.) e intraperitoneal (i.p.). Los tejidos extraídos de animales centinelas que enfermaron o que murieron durante la exposición en el campo, fueron

triturrados en molinillos Ten-Broeck; se utilizó una solución de borato, a una molaridad de 0.5M, mezclada con solución salina de 0.15 M de concentración, amortiguada a un pH de 9, junto con 10% del suero de fetos bovinos inactivado al calor y los antibióticos penicilina (200 unidades) y estreptomina (200 mcg/ml). Después de centrifugar la mezcla, se inoculaba la parte flotante en tubos de cultivo de células Vero y en ratones infantiles por las rutas *i.c.* e *i.p.* Las cosechas obtenidas de los tubos de Vero fueron almacenadas en congelación, usando para el caso un volumen igual del medio estabilizador de virus mencionado anteriormente; estas mezclas, además de ser fuentes de virus, fueron utilizadas como antígenos en las pruebas de fijación del complemento. Las suspensiones de las cosechas obtenidas de cerebros de ratoncitos inoculados, suspendidas en una mezcla de borato y salina a pH 9, también sirvieron como antígeno crudo en la prueba de fijación del complemento, además de ser fuente de virus, con la adición de 10% del suero bovino. La sensibilidad al cloriformo (5%) de los agentes virales aislados se determinó por medio de la titulación de placas en cultivos de Vero. La identificación de los virus aislados se logró por medio de micropruebas de fijación del complemento, utilizando como antígeno fluidos de

cultivos en células de Vero, o suspensiones de cerebros de ratoncitos en una solución de borato con salina; o también por medio de micropruebas de neutralización en células de Vero, y a veces utilizando ambos métodos. Para clasificar los distintos agentes virales aislados se utilizaron fluidos ascíticos y sueros de "hámsteres" hiperinmunes, con especificidad a determinado tipo o grupo de virus, obtenidos de las colecciones de fluidos hiperinmunes del LCG, el Middle America Research Unit (MARU) y el National Institutes of Health (NIH).

La medida de la concentración de anticuerpos en los fluidos de humanos, de animales centinelas y de la vida silvestre se obtuvo por medio de micropruebas de neutralización en placas, ya que resulta ser la prueba de mayor especificidad. Los medios utilizados y otros parámetros de las pruebas variaron de acuerdo con el tipo de virus cuyos anticuerpos eran investigados. Todas las cepas de virus utilizadas en las pruebas fueron aisladas de muestras recogidas durante este estudio, con excepción de las siguientes: Prototipo de la cepa 3880, o tipo I-D (MARU) del virus de VEE; la cepa neurotrópica francesa del virus de la fiebre amarilla; la cepa Buena Vista-7 del virus de SLE y la cepa Guat-245 del virus Ilheus, ambas del LCG, y la cepa GA-1

del virus Bussuquara de MARU. Los sueros de prueba fueron filtrados en primeras diluciones contra antígenos individuales; y los positivos por anticuerpos, fueron titulados según métodos apropiados. Se aceptaban como positivos los sueros que titulaban a una dilución de 1:8 o mayor con una reducción del 90% de las placas considerada como el punto crítico de la titulación.

Resultados

1. **Resumen de los efectos ecológicos generales del embalse.** En 1974 y 1975 ocurrieron dos acontecimientos ecológicos que afectaron profundamente el ambiente natural del área del río Bayano: la remoción parcial de la cubierta boscosa de las tierras que serían inundadas y la quema del producto de esa tala. La tarea de deforestación incluía el derribo de toda la vegetación leñosa; sin embargo, al final, muchas palmas quedaron en pie. Este hecho contribuyó a que semanas más tarde, después del embalse, muchos troncos de palmas muertas permanecieron erguidos en las aguas poco profundas, sirviendo como puntos de apoyo a pequeños grupos de malezas acuáticas que originaron la proliferación de estas plantas. Las quemadas se llevaron a cabo en marzo de 1975, en grandes fogatas de restos de vegetación muerta acumulados en unas cuantas localidades previamente seleccio-

nadas. A pesar de que el movimiento de la vida silvestre hacia las alturas adyacentes no fue cuidadosamente estudiado es evidente que hubo migraciones desordenadas de vertebrados durante esos sucesos. Estos acontecimientos probablemente afectaron la cadena de transmisión en el área.

El siguiente acontecimiento de importancia para estos estudios fue el cierre de las compuertas de la presa, que tuvo lugar el 16 de marzo de 1976. Una semana más tarde, las capturas de *Aedes taeniorhynchus* aumentaron repentinamente en Altos de Majé.

La inundación de la gran biomasa de vegetación de crecimiento secundario, que se regeneró durante el año posterior a la deforestación y quema, puso en acción un proceso masivo de oxidación. La anoxia que resultó de este proceso, afectó la vida animal del lago en formación e hizo que los peces de todo tamaño emergieran boqueando a la superficie. Pero el lago, con su alto contenido de materia orgánica, se volvió altamente "eutrófico"; y en consecuencia se produjo un denso crecimiento de algas verdes en sus estratos superiores, el reoxigenamiento de la superficie de las aguas y la recuperación de la población de peces. Desde el momento de la anoxia de las aguas del lago en marzo hasta la recuperación de altas poblaciones de peces, pasaron de dos a

tres meses; durante ese período, por la ausencia de peces depredadores, las condiciones para la reproducción de las larvas de mosquitos que se crían en aguas abiertas se volvieron óptimas, de manera que una parte de la superficie del lago se convirtió en un gran criadero para algunas especies de mosquitos *Culex*, como el *C. nigripalpus* y *C. erraticus*.

Conforme subía el nivel de las aguas del lago, pequeñas manchas de malezas acuáticas empezaron a flotar desde los afluentes donde estaban detenidos hasta la superficie del lago. De acuerdo con Candanedo⁶, tres semanas después del comienzo del embalse se informó de pequeñas manchas del "confetti de agua", *Lemna minor*; el 13 de abril también se recibieron informes de grupos dispersos de *Azolla* sp. y para fines de ese mes se informó de montones esparcidos de "lechuga de agua", *Pistia stratiotes*, en la cuenca del Río Majé; para fines de mayo, ya había 200 hectáreas del lago sólidamente cubiertas de *Pistia*, en la cuenca del Majé-Majecito, mientras que se notaban grupos de esta planta abajo de la boca del Río Diablo. La presencia de la lechuga de agua favoreció la proliferación de varias especies de mosquitos, cuyas poblaciones eran muy bajas en Altos de Majé antes del embalse, entre ellos *Culex ocossa*, *Mansonia dyari* y

Aedomyia squamipennis. Los grandes bancos de *Pistia* en Majé empezaron a disminuir en tamaño después de 1977, pero continuaron prosperando abajo de la boca del Río Diablo, debido en parte a los numerosos troncos de palmas muertas que permanecieron en pie después de la inundación y que sirvieron de punto de apoyo a los bancos de malezas acuáticas.

El programa de rescate de la vida silvestre fue puesto en ejecu-

ción el mismo día del cierre de las compuertas y continuó hasta los primeros meses de 1977. Los animales que fueron rescatados en los alrededores de Altos de Majé fueron transportados a nuestro campamento, donde eran marcados, sangrados, pesados, medidos y luego libertados. En el Cuadro No. 1 se han incluido todos los animales que fueron sometidos a estos procedimientos.

Cuadro 1. Lista de mamíferos libertados en Altos de Majé durante el embalse (1976-1977)

Nombre Científico	Nombre Común	Número de Animales
1. <i>Phylander nudicaudatus</i>	Zarigueya morena	2
2. <i>Didelphis marsupialis</i>	Zarigueya común	17
3. <i>Aotus trivirgatus</i>	Mono nocturno	69
4. <i>Alouatta villosa</i>	Mono aullador	29
5. <i>Cebus capucinus</i>	Mono cariblanco	18
6. <i>Saguinus oedipus</i>	Mono tití	44
7. <i>Tanandua mexicana</i>	Hormiguero tanandua	17
8. <i>Bradypus variegatus</i>	Perezoso de 3 uñas	68
9. <i>Choloepus hoffmanni</i>	Perezoso de 2 uñas	58
10. <i>Cabassous centralis</i>	Armadillo de 7 bandas	1
11. <i>Dasybus novemcinctus</i>	Armadillo de 9 bandas	29
12. <i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo muleto	18
13. <i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla colorada	14
14. <i>Coendou rothschildi</i>	Puercoespín de Rothschild	2
15. <i>Dasyprocta punctata</i>	Ñeque	10
16. <i>Agouti Paca</i>	Conejo pintado	4
17. <i>Proechimys semispinosus</i>	Rata espinosa	2
18. <i>Bassariscus sumichrasti</i>	Gato colianillado	2
19. <i>Procyon cancrivorus</i>	Gato manglatero	1
20. <i>Nasua nasua</i>	Gato solo	6
21. <i>Potos flavus</i>	Cusumbí	23
22. <i>Bassaricyon gabbi</i>	Dlingo	2
23. <i>Eira barbara</i>	Comadreja negra	3
24. <i>Dicotyles tajacu</i>	Saíno	4
25. <i>Mazana americana</i>	Venado corso	4
TOTALES		437

El nivel superior del lago, de 62 m, fue alcanzado en diciembre de 1977. Esa fecha es considerada en este estudio, como el fin del período de embalse y el inicio del posembalse.

2. Efecto sobre chitras del género *Culicoides*. El Cuadro No. 2 presenta las densidades de población

hechas durante los últimos nueve meses de 1976 y todo el año de 1977; y el período de posembalse incluye los totales de insectos capturados en el año de 1978.

Las capturas de *Culicoides* en este cuadro alcanzaron un promedio de 4,872.4 especímenes

CUADRO No. 2

DENSIDADES POBLACIONALES (1) DE INSECTOS HEMATÓFAGOS CAPTURADOS CON CEBO HUMANO ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DEL EMBALSE EN ALTOS DE MAJE.

GRUPO INSECTOS	PERIODOS						
	1973	PREEMBALSE			EMBALSE		POSEMBALSE 1978
		1974	1975	1976(2)	1976(3)	1977	
MOSQUITOS	90.6	72.0	160.5	25.9	609.4	6,066.2	3,085.5
CHITRAS FLEBOTOMINEAS	55.8	71.3	175.2	2.8	66.7	235.7	322.8
CHITRAS CULICOIDES (4)	4,872.4	1,162.2	2,326.9	1.8	53.2	382.4	557.3

(1) EXPRESADAS COMO EL NUMERO TOTAL DE INSECTOS CAPTURADOS POR HORA-HOMBRE DURANTE UN PERIODO DETERMINADO.

(2) SOLO INCLUYE LAS CAPTURAS DE LOS TRES PRIMEROS MESES DEL AÑO.

(3) SOLO INCLUYE LAS CAPTURAS DE LOS NUEVE ULTIMOS MESES DEL AÑO.

(4) LA ESPECIE *CULICOIDES DIABOLICUS* CONSTITUYO MAS DEL 90% DE TODOS LOS CULICOIDES CAPTURADOS.

de 3 grupos distintos de insectos hematófagos en capturas con cebo humano, antes, durante y después del embalse. En este cuadro, la densidad de población es expresada como el número total de insectos capturados por hora-hombre de captura. El período de preembalse incluye las capturas realizadas durante 1973, 1974, 1975 y los tres primeros meses de 1976. El período de embalse incluye las colecciones

por hora-hombre durante el primer año del preembalse; luego descendieron drásticamente a 1,162.6 durante el segundo año, pero durante el tercer año se notó una recuperación significativa. El embalse tuvo un efecto negativo sobre los *Culicoides*, que descendieron a 53.2 especímenes por hora-hombre en los últimos 9 meses de 1976; hubo una recuperación significativa de la población a 382.4 especímenes

durante 1977, la cual continuó más lentamente hasta llegar a un nivel de 557.3 durante 1978.

3. Efecto sobre los mosquitos vectores. El Cuadro No. 3 presenta las densidades de población de 7 de las 11 especies de mosquitos que produjeron virus en Altos de Majé antes, durante y después del embalse. Las 4 especies restantes, que son: *Haemagogus equinus*, *H. leucotaeniatus*, *Anopheles apicimacula* y *Wyeomyia spp.*, no fueron incluidas debido a su muy baja densidad o a que incluían una mezcla de varias especies. A continuación se presenta una discusión de los datos que aparecen bajo las siete especies.

a). *Aedes taeniorhynchus*. Esta especie aparece en las colecciones de insectos de los años 1973, 1975, 1976 y 1977. Es interesante notar que solo fue capturada durante los meses de marzo, abril, mayo y junio. En 1973, la densidad de esta especie apenas alcanzó un nivel de 0.5 especímenes por hora-hombre; en 1975 subió a 3.9 y en 1976, inmediatamente después de iniciarse el embalse, alcanzó un nivel de 10.6, descendiendo a 0.7 en 1977.

b). *Culex nigripalpus*. Esta especie fue capturada en números significativos durante el primer año del preembalse, subiendo paulatinamente a 5.4 y 9.9 especímenes por hora-hombre durante 1974 y 1975. Durante el pri-

mer año del período de embalse subió abruptamente a 84.5, número que resulta más significativo si dividimos las capturas de ese año por meses después de iniciado el embalse, como sigue: abril, 20.1; mayo, 57.7; junio, 3.6; julio, 0.9; agosto, 0.8; septiembre, 0.8, ya que dichas fracciones muestran que la gran mayoría de los especímenes fueron capturados durante los tres meses siguientes al comienzo del embalse. Durante el segundo año del embalse la densidad de la especie bajó a 1.6, nivelándose en 1.8 durante el período de posembalse.

c). *Culex erraticus*. Esta especie no fue capturada en Altos de Majé antes del embalse. Durante el primer año del embalse, apareció en las capturas con una densidad de 17.2; un fraccionamiento de las capturas por meses después del embalse muestra que la especie apareció en las capturas unas cuantas semanas después de cerradas las compuertas, durante el mes de abril; luego subió paulatinamente en densidad hasta llegar al máximo en los meses de agosto, septiembre y octubre, para descender entonces drásticamente en noviembre y diciembre. Durante el segundo año del embalse la especie se mantuvo en densidades de apenas 2.1 especímenes por hora-hombre, para subir a 6.7 en el período de posembalse.

d). *Culex ocosa*. Esta especie no fue capturada en números sig-

nificativos durante el período de preembalse y del primer año de embalse; pero subió abruptamente en densidad a 171.5 especímenes por hora-hombre en el segundo año, y se niveló en 123.8 durante el posembalse.

e). *Mansonia dyari*. Se capturaron pocos especímenes durante los dos primeros años del preembalse y luego subió a densidades un poco más altas en el último año de dicho período. Esta especie se elevó a la densidad de 286.5 especímenes por hora-hombre, durante los primeros meses después del embalse; luego saltó a la cúspide de su densidad, con 5,685.2 especímenes por hora-hombre, durante el segundo año de embalse; y se niveló en 2,861.0 durante el período de posembalse, o sea una densidad 10 veces mayor que la registrada durante el primer año del período de embalse.

f). *Aedeomyia squamipennis*. Unos cuantos especímenes fueron capturados durante el preembalse y en los primeros seis meses del embalse; la población de la especie subió ligeramente a 9.6 especímenes por hora-hombre, durante los últimos tres meses del primer año de embalse. Durante el segundo año de embalse ocurrió un ascenso súbito en la densidad de la especie, en la primera parte del año, para descender luego al finalizar el año, registrando una densidad

total para ese año de 123.9 especímenes por hora-hombre.

g). *Haemagogus lucifer*. Esta especie alcanzó el máximo de su densidad durante el preembalse, mostrando un pequeño incremento durante el último año de este período. Es posible que los cambios producidos por el embalse afectaran significativamente la dinámica de población de esta especie, ya que su densidad descendió a 3.2 durante el primer año de embalse, y continuó descendiendo hasta 1.4 durante el segundo año, nivelándose en 1.7 durante el año del posembalse.

4. Efecto sobre las mosquitas flebotomíneas. Los cambios en la densidad de estos insectos fueron más erráticos que aquellos de los mosquitos y de las chitras *Culicoides*, mostrando inusitadas alzas y bajas en la curva poblacional a través de todo el período de estudios. A continuación presentamos un somero análisis del comportamiento de las poblaciones de aquellas especies que produjeron aislamiento de virus (Cuadro No. 3).

a). *Lutzomyia panamensis*. Es la más común de las flebotomíneas en el piso del bosque y fue la única que se capturó con frecuencia picando durante el período diurno. La densidad durante el primer año de preembalse alcanzó a 16.3 especímenes

DENSIDADES POBLACIONALES (1) ANTES, DURANTE Y DESPUES DEL EMBALSE, DE ESPECIES DE INDIVIDUOS DE MOSQUITOS Y CHITRAS FELBOTOMINEAS QUE PRODUCERON VIRUS

ESPECIES	PERIODOS						
	PREEMBALSE			1976 (2)	EMBALSE		POSEMBALS 1978
	1973	1974	1975		1976 (3)	1977	
<u>Aedes taeniorhynchus</u>	0.5	0.4	3.9	0.0	10.6	0.7	0.0
<u>Culex nigripalpus</u>	0.1	5.4	9.9	0.1	84.5	1.6	1.8
<u>Culex erraticus</u>	0.1	0.1	0.0	0.0	17.2	2.1	6.7
<u>Culex ocoosa</u>	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	171.8	123.8
<u>Mansonia dyari</u>	0.1	0.0	0.4	0.9	286.5	5,685.2	2,861.0
<u>Aedeomyia squamipennis</u>	0.1	0.1	0.0	0.0	13.3	123.9	31.0
<u>Haemagogus lucifer</u>	17.2	17.2	21.7	1.4	3.2	1.4	1.7
<u>Lutzomyia panamensis</u>	16.3	3.2	12.2	0.1	6.9	106.0	135.3
<u>Lutzomyia pessoana</u>	0.5	0.9	1.3	0.1	0.6	2.0	1.7
<u>Lutzomyia sanguinaria</u>	6.1	20.4	42.4	1.7	12.5	2.5	8.8
<u>Lutzomyia trapidoi</u>	5.3	5.2	25.8	0.5	13.1	1.6	9.2

(1) EXPRESADAS COMO EL NUMERO TOTAL DE INSECTOS CAPTURADOS POR HORA-HOMBRE DURANTE UN PERIODO DETERMINADO.

(2) SOLO INCLUYE LAS CAPTURAS DE LOS TRES PRIMEROS MESES DEL AÑO.

(3) SOLO INCLUYE LAS CAPTURAS DE LOS ULTIMOS NUEVE MESES DEL AÑO.

por hora-hombre, para descender abruptamente durante el segundo año a 3.2 y experimentar un recobro a 12.2 durante el tercer año de este período. Durante el primer año del embalse la población bajó de nuevo a 6.9, ascendió después rápidamente a 106.0 en el segundo año, y se niveló en 135.3 durante el posembalse.

b). *Lutzomyia pessoana*. Esta

especie exhibió bajas densidades durante todo el estudio. Empezó con densidades de menos de 1, subiendo a 1.3 durante el último año de preembalse; descendió a 0.6 durante el primer año del embalse; subió a 2.0 durante el segundo año y se niveló en 1.7 durante el posembalse.

c). *Lutzomyia sanguinaria*. Empezó con una densidad de 6.1 en el preembalse, subió abruptamente

tamente a 20,4 durante el segundo año de ese período, y alcanzó una cifra de 42,4 durante el último año del preembalse. En el primer año del embalse, la densidad descendió a 12,5 y continuó su dramático descenso hasta 2,5 en el segundo año, para luego ascender a 8,8 en el posembalse.

d). *Lutzomyia trapidoi*. Esta especie tuvo densidades muy parecidas de 5,3 y 5,2 durante los dos primeros años del preembalse, elevándose a unas 5 veces esta densidad en el último año de este período. La densidad bajó a 13,1 durante el primer año del embalse, continuó el descenso hasta alcanzar el nivel más bajo para la especie de 1,6 durante el segundo año; luego se elevó a 9,2, en el posembalse.

4. Efecto sobre poblaciones de pequeños mamíferos. El Cuadro No. 4 muestra las fluctuaciones en las poblaciones de mamíferos antes, durante y después del embalse, determinadas por medio del programa de capturas en trampas.

Como puede notarse, las poblaciones de las especies más pequeñas, como roedores y marsupiales, mostraron una tendencia de descenso durante el período de embalse y prácticamente desaparecieron en el posembalse, exceptuando a la zarigüeya común, la rata espinosa y la

rata algodonera, que si bien exhibieron una apreciable reducción en número continuaron manteniendo poblaciones detectables. La rata algodonera merece una discusión adicional. Esta rata, lo mismo que otros roedores, exhibió una drástica reducción durante el embalse; pero en contraste con las otras especies, mostró una recuperación notable en el posembalse. Algunos mamíferos pequeños, como la zarigüeya lanuda y la ardilla roja, no aparecieron en las capturas en el período del preembalse; luego fueron capturadas durante el embalse, para desaparecer nuevamente en el posembalse.

Los mamíferos de mayor tamaño, como los monos, el hormiguero común, el conejo muleto y la mayoría de los carnívoros que estuvieron ausentes de las capturas en el preembalse, hicieron su aparición después del embalse del río; algunas de las especies, en particular los depredadores, mostraron un incremento en sus poblaciones durante el posembalse.

6. Efecto sobre las poblaciones de las distintas familias de aves. No podemos llegar a conclusiones sobre los efectos cuantitativos del embalse sobre las poblaciones de aves en el área de estudio debido a que fueron demasiado irregulares las operaciones de captura, el tiempo utilizado y los métodos de trabajo con las redes; de manera

Cuadro No.4. Fluctuación en las poblaciones de pequeños mamíferos, antes, durante y después del embalse en Altos de Majé.

Especies	P E R I O D O S					
	Preembalse		Embalse		Posembalse	
	Números capturados	% del total	Números capturados	% del total	Números capturados	% del total
<u>Marsupiales</u>						
Zarigüeyas murinas	27	5.8	4	3.0	0	0
Zarigüeyas lanudas	0	0	2	2.5	0	0
Zarigüeyas morenas	1	0.2	0	0	0	0
Zarigüeyas comun	122	26.4	32	40.0	3	9.4
<u>Monos</u>						
Monos nocturnos	0	0	1	1.3	0	0
Monos cariblanco	0	0	0	0	1	3.1
Monos tití	0	0	5	12.5	1	3.1
<u>Osos Hormigueros</u>						
Hormigueros taman- dua	0	0	1	1.3	0	0
<u>Lagomorfos</u>						
Conejos muletos	0	0	1	1.3	0	0
<u>Roedores</u>						
Ardillas coloradas	0	0	2	2.5	0	0
Ratas de bolsillos	7	1.5	0	0	0	0
Ratas arroceras	2	0.4	0	0	0	0
Ratas trepadoras	1	0.2	0	0	0	0
Ratas cañeras	84	18.2	3	3.8	0	0
Ratas algodonerías	47	10.2	9	11.3	20	62.5
Ratas espinosas	167	36.1	15	18.8	1	3.1
Ratas espinosas arboreas	1	0.2	0	0	0	0
<u>Carnívoros</u>						
Gatos solos	0	0	0	0	1	3.1
Cusumbies	3	0.6	5	12.5	3	9.4
Tigrillos negros	0	0	0	0	2	6.3
TOTALES	462		80		32	
Número de noches- trampa	1,632 ⁽¹⁾		600 ⁽²⁾		384 ⁽³⁾	
Animales captura- dos por cada noche-trampa ⁽⁴⁾	0.07		0.03		0.02	

(1) 68 períodos de 24 horas cada uno

(2) 25 períodos de 24 horas cada uno

(3) 16 períodos de 24 horas cada uno

(4) 100 trampas

que en el Cuadro No. 5 intentamos analizar el efecto cualitativo del embalse sobre las poblaciones de aves, listando el número de géneros y especies de cada familia

de los pájaros capturados durante cada uno de los períodos.

El efecto general sobre las distintas familias fue de considerable magnitud; en el preembalse

NUMERO DE GENEROS Y ESPECIES DE LAS DIFERENTES FAMILIAS
DE AVES CAPTURADAS EN ALTOS DE MAJE, ANTES,
DURANTE Y DESPUES DEL EMBALSE

FAMILIAS	PERIODOS					
	PREEMBALSE		EMBALSE		POSEMBALSE	
	NUMERO GENEROS	NUMERO ESPECIES	NUMERO GENEROS	NUMERO ESPECIES	NUMERO GENEROS	NUMERO ESPECIES
<u>NO-PASERINAS</u>						
COLUMBIDAE	4	5	3	4	4	4
PSITTACIDAE	3	3	1	1	1	1
TROCHILIDAE	17	20	8	10	7	9
TROGONIDAE	1	3	1	1	1	1
MOMOTIDAE	1	1	0	0	0	0
BUCCONIDAE	4	4	1	1	0	0
RAMPHASTIDAE	2	2	1	1	0	0
PICIDAE	5	6	3	4	2	3
<u>PASERINAS</u>						
DENDROCOLAP- TIDAE	8	10	6	8	8	10
FURNARIIDAE	4	7	3	4	2	2
FORMICARIIDAE	16	28	7	9	9	12
PIPRIDAE	6	7	3	4	3	3
COTINGIDAE	10	13	5	6	3	4
TYRANNIDAE	27	37	18	21	12	14
HIRUNDINIDAE	3	4	4	4	0	0
TROGLODYTI- DAE	6	10	4	6	6	9
TURDIDAE	2	5	1	3	2	3
SYLVIIDAE	2	2	1	1	1	1
VIREONIDAE	3	6	2	2	2	3
COEREBIDAE	4	4	2	2	1	1
PARULIDAE	9	12	10	12	10	10
ICTERIDAE	5	11	2	3	1	1
THRAUPIDAE	8	18	7	12	9	14
FRINGILLIDAE	12	14	12	12	7	7
TOTALES	162	232	105	131	91	112

se capturaron 232 especies de 162 géneros distintos, esta cantidad decreció significativamente durante el embalse hasta llegar a 131 especies en 105 géneros y cayó aún más hasta 112 especies en 91 géneros durante el posembalse.

La reducción se notó tanto en las aves "paserinas" como en las "no-paserinas". Entre las últimas, los pájaros-raqueta (Momotidae), los bucónidos (Bucconidae) y los tucanes (Ramphastidae) desaparecieron después del embalse; los colibríes (Trochili-

dae) fueron profundamente afectados, perdiendo 10 de 17 géneros, y 11 de 20 especies, mientras que las palomas (Columbidae) no sufrieron pérdidas. Por otra parte, entre los Passeriformes, los tángaros (Thraupidae), los jilgueros americanos (Parulidae), los ruiseñores (Troglodytidae) y los trepapalos (Dendrocolaptidae), fueron poco afectados por el embalse, mientras que los

pájaros hormigueros (Formicariidae), las cotingas (Cotingidae), los caza moscas (Tyrannidae), los turpiales (Icteridae) y los gorriones y pinzones (Fringillidae) mostraron las tasas más altas de reducción en géneros y especies.

7. Efectos sobre el aislamiento de virus de todas las fuentes. En el Cuadro No. 6 listamos todos

CUADRO No. 6

NUMERO DE AISLAMIENTOS DE VIRUS PROCEDENTES DE TODAS LAS FUENTES Y DE TODOS LOS SITIOS EN LA CUENCA DEL RIO BAYANO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO (1973-1979)

NOMBRE DEL VIRUS	SIGLAS DE LOS VIRUS	PERIODOS			TOTAL
		PREEMBALSE 1973-1976 (2)	EMBALSE 1976-1977 (3)	POSEMBALSE 1978-1979	
ENCEFALOMIELITIS EQUI NA VENEZOLANA	VEE	0	30(8)	0	30(8)
ENCEFALOMIELITIS EQUI NA DEL ESTE	EEE	1	1	4	6
MAYARO	MAY	3	0	0	3
ENCEFALITIS DE St. LOUIS	SLE	1	9	0	10
FIEBRE AMARILLA	YF	2	0	0	2
PUNTA TORO	PT	7	7	1	15
COMPLEJO DE CHAGRES	CHG	7	11	0	18
CAIMITO	CAI	1	0	0(1)	1(1)
NIQUE	NI	0	1	0	1
COMPLEJO DE GAMBOA	GAM	0	38	10(3)	48(3)
COMPLEJO DE UTINGA	UT	35	1	0	36
CACHE VALLEY	CV	0	1	0	1
TURLOCK	TU	0	1	0	1
GRUPO CHANGUINOLA	CGL	0	3	1	4
GRUPO FIEBRE FLEBOTO MUS	-	5	0	3	8
NO IDENTIFICADO (CRU ZA LEVEMENTE CON CGL)	-	-	3	0	3
NO IDENTIFICADO (SEM SITIVO AL CLOROPORMO)	-	0	5	0(1)	5(1)
NO IDENTIFICADO (RESIS TENTE AL CLOROPORMO)	-	1	3	1	5
NO IDENTIFICADO	-	6	0	3	9
MIXOVIRUS PARAMIXOVIRUS	-	0	1	0	1
T O T A L	-	69	115(6)	23(5)	207(13)*

(n) EL NUMERO EN PARENTESIS SE REPIERE A LOS VIRUS OBTENIDOS FUERA DEL AREA DE ALTOS DE MAJE.

* HUBO DOS INFECCIONES VIRALES PERTENECIENTES A DOS VIRUS DISTINTOS.

(1) SIGLAS DE LOS VIRUS ASIGNADAS EN EL CATALOGO INTERNACIONAL DE ARBO VIRUS (REFERENCIA No. 11).

(2) LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS HASTA MARZO DE 1976.

(3) LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS DESDE ABRIL DE 1976.

los virus aislados durante los tres períodos, incluyendo el número de aislamientos de cada virus. Los nombres de los virus no se refieren a un virus específico en todos los casos. Los nombres VEE, EEE, MAY, SLE, YF, PT, CAI, NI, TV y CV se refieren a la identificación específica de los virus respectivos, en tanto que en el caso de GAM, CHG, y UT la identificación sólo denota que dichos virus pertenecen al complejo del mencionado virus, y en el caso de CGL la identificación solo alcanzó a catalogar estos virus hasta el nivel de grupo. La discusión en detalle de

los aspectos virológicos de los resultados obtenidos será materia de futuras publicaciones.

Como puede notarse en el Cuadro No. 6, hubo un total de 69 aislamientos de virus durante el preembalse, que aumentó a 123 durante el embalse, y que luego descendió a 28 en el postembalse; 115 y 23 de esos virus fueron, respectivamente, del sitio de estudios de Altos de Majé, y de aguas arriba en el Lago Bayano.

El Cuadro No. 7 incluye las fuentes de los distintos aislamientos.

CUADRO No. 7 FUENTE DE LOS VIRUS AISLADOS EN LA CUENCA DEL RIO BAYANO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIOS (1973-1979)

FUENTE	SIGLAS DE LOS VIRUS AISLADOS (1)															TOTAL	
	VEE	EEE	MAY	SLE	YF	PT	CHG	CAI	MI	GAM	UT	CV	TUR	CGL	GRU PO PHL		NO SE SABE
SERES HUMANOS	9																9
HAMSTERES CENTINELAS	24	5				14	16								1	1	61
POLLOS CENTINELAS		1															1
MOSQUITOS																	
<u>HAEMAGOGUS LUCIFER</u>			2	1	?												5
<u>H. EQUINUS</u>			1														1
<u>H. LEUCOTAENIATUS</u>																	2
<u>ANOPHELES AFICIMACULA</u>											1						2
<u>WYEOMYIA</u> sp								1									1
<u>MANSONIA DYARI</u>	1			9				1		2				3	1	1	17
<u>CULEX MISTRIFALPUS</u>													1				1
<u>C. ERRATICUS</u>	1																1
<u>C. GCOSSA</u>	3																5
<u>AEDEOMYIA EQUAMIDENNIS</u>										49						1	50
<u>Aedes TAENIOCHINCHUS</u>												1					1
CHITRAS FLEBOTOMINEAS																	
<u>LUTZOMYIA TRAPIDOI</u>														1	1	2	4
<u>L. SANGUINARIA</u>						1	2								1	3	7
<u>L. PANAMENSIS</u>									1						3	7	11
<u>L. PESSOANA</u>																1	1
<u>LUTZOMYIA</u> sp															1		1
CHITRAS CULICOIDES																	
<u>CULICOIDES DIABOLICUS</u>											34						34
<u>CULICOIDES</u> sp											1						1
TOTALES	34	6	3	10	2	15	18	2	1	51	36	1	1	4	8	24	220 *

(1) PARA LOS NOMBRES COMPLETOS DE LOS VIRUS VER EL CUADRO No. 6.

* EN DOS OCASIONES SE ENCONTRARON AGENTES VIRALES PERTENECIENTES A DOS VIRUS DISTINTOS.

tos de seres humanos, "hámsteres" y pollos centinelas, mosquitos, mosquitas flebotomíneas y chitras *Culicoides*, como también el nombre y código de los virus.

8. Efectos sobre la tasa de aislamientos de virus en artrópodos. El Cuadro No. 8 muestra la tasa

durante el embalse; pero ella descendió, a un nivel un poco más bajo que el del período de preembalse, después de cerradas las compuertas de la presa. Por otra parte, las chitras *Culicoides*, mostraron un descenso en la tasa de aislamientos de 37% en el preembalse a 0.5%

CUADRO No. 8

TASAS DE AISLAMIENTO DE VIRUS EN LOTES PROCESADOS DE 3 GRUPOS DE INSECTOS CAPTURADOS EN ALTOS DE MAJE ANTES, DURANTE Y DESPUES DEL EMBALSE (1973-1979)

GRUPOS INSECTOS	PERIODOS					
	PREEMBALSE		EMBALSE		POSEMBALSE	
	NUMERO (1)	%	NUMERO (2)	%	NUMERO	%
	AISLAMIENTOS	POR LOTES	AISLAMIENTOS		AISLAMIENTOS	
MOSQUITOS	9/942	1.0	64/2177	2.9	10/1319	0.8
CHITRAS FLEBOTOMINEAS	9/587	1.5	11/466	2.4	4/381	1.0
CHITRAS CULICOIDES	33/899	3.7	1/204	0.5	0/180	0

(1) NUMERO DE AISLAMIENTOS DE VIRUS/NUMERO DE LOTES DE INSECTOS PROCESADOS.

(2) TASA DE AISLAMIENTO.

de aislamiento en mosquitos, en moscas flebotomíneas y en chitras *Culicoides* capturados en el sitio de estudios de Altos de Majé, antes, durante y después del embalse. Hemos expresado dicha tasa como porcentaje del número de aislamientos sobre el número de lotes de artrópodos estudiados. Tanto los mosquitos como las mosquitas flebotomíneas mostraron un incremento considerable en la tasa de aisla-

durante el embalse, y no hubo aislamiento en 180 lotes inoculados en el posembalse.

9. Efectos sobre varios virus aislados antes, durante y después del embalse. En esta sección presentamos los resultados de las pruebas para aislamiento de los virus y de las respuestas serológicas medidas en animales centinelas y en vertebrados libres, incluyendo a seres humanos, que fueron realizadas durante y des-

pués del embalse, como expresión del comportamiento de los siguientes virus en estos períodos: EEE, VEE, SLE, YF, UT, GAM, CHG y PT. Los otros virus aislados durante el estudio, o sea, MAY, CAI, NI, CV, TUR, y CGL no han sido incluidos en la discusión debido a la escasez de los datos obtenidos. De estos virus, sin embargo, MAY fue aislado exclusivamente en el período de preembalse; CV, NI, y TUR aparecieron únicamente durante el embalse; CAI está representado por dos aislamientos, que fueron obtenidos, respectivamente, en el preembalse y en el posembalse. Aún no hemos logrado identificar 24 de los aislamientos, 7 de ellos del preembalse, 12 del embalse y 5 del posembalse; podemos adelantar el concepto de que ninguno de los virus no identificados muestran relaciones cercanas con los virus discutidos a continuación:

a). **Encefalomiелitis Equina del Este (EEE).** Se obtuvieron 6 aislamientos de este virus durante el estudio, uno durante el preembalse, otro en el embalse y 4 en el posembalse (Cuadro No. 6). Cinco de los aislamientos se originaron en "hámsteres" centinelas y uno en un pollo centinela (Cuadro No. 7). La respuesta serológica en todos los vertebrados fue baja, significando una tasa de transmisión baja (Cuadros No. 9, No. 10, y No. 11). Los

"hámsteres" centinelas no demostraron conversiones serológicas a este virus; este evento no es sorprendente ya que las infecciones con EEE son casi siempre fatales en estos animales. En monos centinelas obtuvimos una conversión serológica al EEE durante el posembalse (Cuadro No. 11). De 196 mamíferos silvestres que fueron sangrados durante el preembalse, solamente una zarigüeya común mostró anticuerpos neutralizantes a este virus; ninguno de los 37 sueros de aves colectados durante ese período mostró reacciones positivas con el antígeno del EEE (Cuadro No. 9.) De 427 mamíferos silvestres sometidos a la prueba durante el embalse (Cuadro No. 10), solamente 9 animales mostraron reacciones positivas al EEE (2 pacas, 2 zarigüeyas, 2 perezosos, 2 monos y un saíno). En el posembalse (Cuadro No. 11), no hubo reacciones positivas en 22 sueros de mamíferos. Por otra parte, solamente 1 de 167 aves mostró anticuerpos al EEE en el embalse (Cuadro No. 10), mientras que en el posembalse (Cuadro No. 11), se registraron 2 de 230 aves positivas (una de ellas era un tordo migratorio y la otra era un volantón, de una colonia de cuervos marinos nacidos en nidos sobre troncos de árboles que emergían del lago cerca de las orillas de la isla de Altos de Majé). Como en todos los brotes

TASAS DE NEUTRALIZACIÓN (1) CONTRA ARBOVIRUS AISLADOS DURANTE EL ESTUDIO, EN PRUEBAS CON SUEROS DE UNA VARIEDAD DE VERTEBRADOS SANGRADOS ANTES DEL EMBALSE

GRUPO DE ANIMALES	VIRUSES							
	EEE	VEE	YF	SLE	UT	GAM	CHG	PT
<u>ANIMALES CENTINELAS</u>								
HAMSTERES	NP (2)		0/282	0/287	0/85	NP	14/	3/287
MONOS	0/11	0/7	0/11	2/11	0/11	0/10	6/8	5/11
POLLOS	0/29	NP	NP	1/39	NP	0/40	NP	NP
<u>VERTEBRADOS SILVESTRES</u>								
ROEDORES	0/157	0/1	0/29	0/30	2/138	NP	0/141	2/146
MARSUPIALES	1/118	NP	0/9	0/9	33/116	NP	16/120	24/118
PEREZOSOS	0/14	0/1	0/13	5/13	8/14	NP	5/14	7/14
MONOS	0/2	NP	NP	NP	NP	NP	0/13	1/14
OTROS MAMIFEROS	0/5	NP	NP	NP	NP	NP	0/2	1/2
AVES SILVESTRES	0/37	0/24	1/20	1/4	0/20	NP	NP	NP

(1) SE CONSIDERA NEUTRALIZACIÓN POSITIVA UNA REDUCCIÓN DE 90% DE LAS PLACAS DE VIRUS EN CELULAS DE VERO EN DILUCIONES IGUALES O MAYORES DE 1:8.

(2) NP SIGNIFICA QUE NO SE REALIZARON PRUEBAS CON ESE VIRUS.

(3) EL NOMINADOR SE REFIERE AL NUMERO DE PRUEBAS POSITIVAS Y EL DENOMINADOR, AL NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS.

previos de EEE registrados en Panamá y en Sur América^{7,8}, hubo poca actividad en seres humanos y no se registraron casos clínicos. Un estudio serológico efectuado entre los habitantes de las comunidades del lago (Cuadro No. 12) demostró un porcentaje muy bajo (1.9%) de sueros positivos a la prueba de neutraliza-

ción; solamente 3 comunidades arrojaron sueros positivos, (el Puente, Piriati e Ipetí). La distribución de los positivos por edades (Cuadro No. 13) muestra que todos ellos fueron de individuos adultos.

b). **Encefalomiélitis Equina Venezolana (VEE).** No hubo aislamientos de VEE durante el

CUADRO No. 10

TASAS DE NEUTRALIZACION (1) CONTRA ARBOVIRUS AISLADOS
DURANTE EL ESTUDIO, EN PRUEBAS CON SUERO DE UNA
VARIEDAD DE VERTEBRADOS SANGRADOS DURANTE EL EMBALSE

GRUPO DE ANIMALES	VIRUSES							
	REE	VEE	YF	SLE	UT	GAM	CHG	PT
<u>ANIMALES CENTINELAS</u>								
HAMSTERES	0/104 (2)	0/105	3/164	17/330	0/52	0/253	7/197	1/210
MONOS	0/6	2/6	1/6	4/6	0/6	0/6	1/1	2/3
POLLOS	0/28	0/30	0/3	4/29	NP (3)	17/28	NP	NP
<u>VERTEBRADOS SILVESTRES</u>								
ROEDORES	2/51	0/25	2/28	0/50	2/45	NP	4/54	5/54
MARSUPIALES	2/54	1/50	1/5	1/7	7/42	NP	5/53	16/53
PEREZOSOS	2/103	NP	1/78	19/78	31/109	NP	9/113	41/115
MONOS	2/134	4/105	12/83	2/83	12/86	NP	5/134	15/134
OTROS MAMIFEROS	1/85	NP	0/55	2/46	7/32	NP	12/90	28/91
AVES SILVESTRES	1/167	2/142	0/41	21/236	0/41	10/188	NP	NP

- (1) SE CONSIDERA NEUTRALIZACION POSITIVA UNA REDUCCION DE 90% DE LAS PLACAS DE VIRUS EN CELULAS DE VERO EN DILUCIONES IGUALES O MAYORES DE 1:8.
- (2) EL NOMINADOR SE REPIERE AL NUMERO DE PRUEBAS POSITIVAS Y AL DENOMINADOR EL NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS.
- (3) NP SIGNIFICA QUE NO SE REALIZARON PRUEBAS CON ESE VIRUS.

período de preembalse, pero durante el embalse ocurrió un brote de esta enfermedad que fue ya informado⁹. Los resultados (Cuadro No. 7) arrojaron un total de 38 aislamientos del virus de la VEE, 24 de "hámsteres" centinelas, 9 de seres humanos y 5 de mosquitos. No hubo aislamientos de este virus durante el posembalse (Cuadro No. 6), pero sí se detectaron 7 conversiones serológicas duran-

te ese período en 1979, demostrando que el virus permaneció endémico en el área de Bayano.

El virus de VEE apareció en Altos de Majé durante el embalse en agosto de 1976 y fue aislado de un lote de mosquitos *Culex erraticus*, especie que experimentó una explosión de población en la época de anoxia del lago. No tuvimos ninguna otra indicación de actividad de este virus en Altos de Majé

TASAS DE NEUTRALIZACION (1) CONTRA ARBOVIRUS AISLADOS DURANTE EL ESTUDIO, EN PRUEBAS CON SUEROS DE UNA VARIEDAD DE VERTEBRADOS SANGRADOS EN EL POSEMBALSE

GRUPO DE ANIMALES	VIRUSES							
	EEE	VEE	YF	SLE	UT	GAM	CHG	PT
<u>ANIMALES CENTINELAS</u>								
HAMSTERES	0/433 (2)	0/21	NP (3)	1/547	NP	0/284	0/32	0/33
MONOS	1/3	0/2	0/3	NP	0/3	0/3	NP	NP
POLLOS	0/9	0/9	NP	0/9	NP	2/9	NP	NP
<u>VERTEBRADOS SILVESTRES</u>								
ROEDORES	0/19	0/19	NP	NP	0/18	NP	0/19	1/19
MARSUPIALES	0/3	1/3	NP	NP	0/18	NP	0/19	1/19
PEREZOSOS	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
MONOS	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
OTROS MAMIFEROS	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
AVES SILVESTRES	2/230	1/246	0/21	3/196	NP	10/243	NP	NP

- (1) SE CONSIDERA NEUTRALIZACION POSITIVA UNA REDUCCION DE 90% DE LAS PLACAS DE VIRUS EN CELULAS DE VERO EN DILUCIONES IGUALES O MAYORES DE 1:8.
- (2) EL NOMINADOR SE REFIERE AL NUMERO DE PRUEBAS POSITIVAS Y EL DENOMINADOR, AL NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS.
- (3) NP SIGNIFICA QUE NO SE REALIZARON PRUEBAS CON ESE VIRUS.

hasta agosto de 1977; pero un mes antes obtuvimos un aislamiento de un "hamster" centinela expuesto en la región de Sader Willa, en la parte superior del lago, y de un caso humano en el pueblo de Pintupo, en la región media del lago. En agosto, el virus fue aislado de mosquitos *C. ocosa*, capturados en Altos de Majé; hubo aislamientos adicionales de "hámsteres" centi-

nelas, que habían sido expuestos en la isla y que murieron de la infección. Durante ese mes hubo un caso humano del pueblo de Tortí, aguas arriba de Altos de Majé. El brote alcanzó su cúspide en septiembre, con 5 aislamientos de casos humanos, uno en Altos de Majé, tres de Piratí y uno de Icantí (Aguas Claras), estas dos últimas localidades situadas aguas arriba de Majé; en

DISTRIBUCION DE ANTICUERPOS NEUTRALIZANTES (1) POR COMUNIDAD EN EL SUERO MAS RECIENTE DE LAS PERSONAS ENTRE 1977 y 1979 (CUENCA DEL RIO BAYANO)

COMUNIDAD	VIRUSES										
	SEE		VEE		SLE		CHG		PT		GAM +/PR
	+PR (2)	%	+PR (3)	%	+PR	%	+PR	%	+PR	%	
MAJE, MAJE- CITO	0/10	0	4/20	20.0	10/20	50.0	0/5	0.0	1/20	5.0	-
FUENTE	1/107	0.9	45/125	36.0	28/125	22.4	5/89	5.6	25/125	20.0	0/98
PINTUPO	0/32	0	20/50	33.3	3/60	5.0	3/20	15.0	4/60	6.8	-
ICANTI (AGU- AS CLARAS)	0/55	0	30/99	30.3	10/99	10.1	1/33	3.0	2/99	2.0	-
PIRIATI	4/104	3.8	70/122	57.4	35/122	28.7	9/73	12.0	20/122	16.4	0/84
RIO DIABLO	0/34	0	19/37	51.4	5/37	13.5	4/20	20.0	5/37	13.5	0/25
IBESIGANA	0/29	0	15/44	34.1	5/44	11.4	1/16	6.2	4/44	9.1	-
CURTI	0/20	0	12/27	44.4	6/27	22.2	1/14	7.1	3/27	11.1	-
IPETI	4/107	3.7	42/153	27.5	31/153	20.3	10/81	12.0	25/153	16.3	-
SADER WILLA	0/10	0	6/14	42.8	3/14	21.4	0/10	0	0/14	0	-
TOTALES	9/459	1.9	263/701	37.5	136/701	19.4	34/361	9.4	89/701	12.7	0/207

(1) SE CONSIDERA NEUTRALIZACION POSITIVA UNA REDUCCION DE 90% DE LAS PLACAS DE VIRUS EN CELULAS VERO EN DILUCIONES IGUALES O MAYORES DE 1:8.

(2) EL NUMERADOR SE REFIERE A PRUEBAS POSITIVAS Y EL DENOMINADOR AL NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS.

ese mes se obtuvieron dos aislamientos de mosquitos capturados en la isla, uno de *C. ocosa* y uno de *Mansonia dyari*; además, hubo 12 aislamientos de "hámsteres" centinelas. El brote empezó a menguar en octubre, cuando se registraron dos casos humanos, uno en la isla y otro en El Puente; se aisló el virus del mosquito *C. ocosa* capturado en Altos de Majé y se obtuvieron 3 aislamientos de "hámsteres" centinelas expuestos en la isla. Los sueros de dos cuervos marinos volantes sangrados en una colonia en el Lago Bayano, situada cerca de la isla, mostraron títulos altos de

anticuerpos neutralizantes al virus VEE. Los sueros de dos monos centinelas, obtenidos en noviembre, demostraron que hubo conversión serológica a este virus entre julio y noviembre. Las tasas de anticuerpos al virus VEE en sueros de animales silvestres capturados en la isla, durante los períodos de embalse y de posembalse, se presentan en los cuadros No. 10 y No. 11. Los anticuerpos neutralizantes en sueros humanos recogidos en el posembalse se presentan en el Cuadro No. 12. Como es de notar, las tasas más altas son de Piriati, Río Diablo y Curtí, que están situados en la región media.

del lago, más cerca del sitio donde ocurrió la gran explosión de la lechuga de agua.

1974. No se registraron conversiones en 287 "hámsteres" expuestos durante el preembalse.

CUADRO No. 13

DISTRIBUCION POR EDADES DE ANTICUERPOS NEUTRALIZANTES
(1) EN EL SUERO MAS RECIENTE DE LAS PERSONAS ENTRE
1977-1979 (CUENCA DEL RIO BAYANO)

EDAD AÑOS	NUMERO SUEROS	PORCENTAJE DE SUEROS POSITIVOS				
		EEE	VEE	SLE	PT	UT
1-5	34	0	26.4	11.8	0	-
6-10	140	0	25.0	9.3	2.2	-
11-20	168	0	36.5	19.7	3.6	-
+ DE 21	270	2.6	36.1	22.6	27.0	0
NO INDI CADO	105	0	44.7	24.0	11.6	-
TOTAL	717	0.9	34.9	19.0	12.9	0

(1) SE CONSIDERA NEUTRALIZACION POSITIVA UNA REDUCCION DE 90% DE LAS PLACAS DE VIRUS EN CELULAS DE VERO EN DILUCIONES IGUALES O MAYORES DE 1 : 8.

c). **Encefalitis de St. Louis (SLE).** Hubo un solo aislamiento del virus SLE durante el preembalse; se obtuvo de un grupo de mosquitos *Haemagogus lucifer* capturados en Altos de Majé, en agosto de 1973. También hubo dos conversiones serológicas al virus SLE, en dos monos centinelas, entre julio y agosto de ese año. Por otra parte, ocurrió una conversión serológica en pollos centinelas en enero de 1974, extendiendo la actividad de SLE en el área desde agosto de 1973 hasta enero de

El análisis de los resultados de las pruebas de neutralización con el virus SLE en sueros de vertebrados silvestres capturados durante el período de preembalse resultó interesante; no se registraron positivos ni en roedores, ni en marsupiales, y solamente un cazamoscas, entre las aves, demostró anticuerpos neutralizantes contra el virus; en contraste, 5 de 13 perezosos resultaron positivos (Cuadro No. 9).

El panorama resultó muy distinto durante el embalse, cuando hubo 9 aislamientos del virus

SLE de mosquitos (Cuadro No. 7) de la especie *Mansonia dyari*, que aumentaron de población durante ese período (Cuadro No. 3); y cuando, además, 17 de 330 "hámsteres" centinelas expuestos registraron conversiones serológicas al virus SLE, lo mismo que 4 de 6 monos, y 4 de 29 pollos (Cuadro No. 10). Todos los monos centinelas que registraron conversión serológica, además 2 de 4 pollos y 14 de 17 "hámsteres", se volvieron positivos entre febrero y marzo de 1977. Los aislamientos del virus SLE procedentes del mosquito *M. dyari* también se obtuvieron de especímenes capturados en febrero, marzo y junio de 1977. Debido a la intensa actividad viral que se registró a principios de 1977, la positividad de las pruebas de neutralización con SLE resultó alta durante el embalse, tanto en mamíferos como en aves (Cuadro No. 10).

Durante el posembalse, no se registraron aislamientos de este virus; pero ocurrió una conversión serológica, durante noviembre de 1978, en un "hámster" centinela (Cuadro No. 11). La tasa de positivos en las pruebas de neutralización fue mucho más baja entre los sueros de vertebrados silvestres obtenidos en el posembalse; así, 1 de 77 cuervos marinos pichones, sangrados en el nido en mayo, el único cuclillo capturado, y 1 de 10 pájaros hormigueros mostraron reac-

ciones positivas; todas las otras aves sometidas a la prueba mostraron resultados negativos (Cuadro No. 11). En el Cuadro No. 12 aparecen los resultados de NT por comunidad. Los sueros obtenidos en las cercanías del lago mostraron tasas de positividad bastante altas.

d). **Fiebre Amarilla (YF).** Este virus fue aislado solamente dos veces en el curso de los estudios; también se aisló el virus de un paciente que buscó hospitalización en el Hospital Santo Tomás y que provenía de la región del Lago Bayano. Los dos aislamientos efectuados durante el estudio provinieron de lotes de mosquitos *Haemagogus lucifer* capturados en Altos de Majé, en el período de preembalse. No hubo conversiones serológicas en los animales centinelas y tampoco registramos anticuerpos neutralizantes en los vertebrados silvestres sangrados durante el período, con la excepción de un cazamoscas cuyo suero dió una reacción neutralizante positiva para el virus de YF, con títulos mayores para el SLE, otro flavivirus, que puso en duda la especificidad de la reacción al virus YF (Cuadro No. 9). Durante el embalse, 3 "hámsteres" y un mono centinela desarrollaron títulos bajos de anticuerpos al virus YF; pero en vista de que estos animales también exhibieron una reacción más fuerte al virus SLE, bien pudieron representar reac-

ciones cruzadas (Cuadro No. 10). De los sueros silvestres recogidos durante ese período, dos de agutíes, uno de zarigüeya, uno de perezoso y 12 de monos, dieron reacciones positivas. Debemos aclarar que es posible que los animales con sueros positivos pudieran haberse infectado durante el preembalse, o también pudiera ser que los positivos representaran reacciones cruzadas con otros flavivirus, ya que el suero del agutí también estuvo positivo al virus Bussuquara, un *Flavivirus* de roedores que no ha sido localizado en el área pero que posiblemente ocurra allí. No se registraron positivos entre los pájaros. Durante el posembalse, con el fin de conservar el material de sueros para pruebas más importantes, se llevaron a cabo muy pocas pruebas serológicas con el virus YF, ya que dicho virus pareció ausentarse del área después de la ola epizootica de 1974. De 21 sueros de aves passerinas sometidos a prueba, ninguno dió reacción positiva (Cuadro No. 11). Los resultados de las encuestas serológicas entre humanos no han sido incluidas, ya que ellos solo reflejan los resultados de las campañas de vacunación antiamarilica y no son de interés para estos estudios.

c). **Utinga (Ut).** Este virus fue originalmente aislado de un perezoso en Brasil. Pertenece al grupo Simbu del género *Bunyavi-*

rus. En nuestra institución se han obtenido aislamientos de este virus, de perezosos y de chitras; pero los virus aislados son antigénicamente heterogéncos y parecen caber dentro de un complejo compuesto por varios virus¹⁰.

Durante el preembalse se aislaron 35 cepas de este virus de artrópodos (Cuadro No. 6), 34 de los cuales provinieron de lotes de chitras *Culicoides*, y una de *C. diabolicus*. (Cuadro No. 7). Todas las chitras positivas fueron capturadas durante los meses de mayo y junio; 29 de los 35 lotes positivos fueron recogidos en 1974 y los 6 restantes en 1975. No hubo conversiones serológicas a este virus en animales expuestos durante el preembalse, pero se registraron altas tasas de anticuerpos neutralizantes en algunos mamíferos, como edentados (xenartranos) y marsupiales, y ningún positivo en las aves (Cuadro No. 9). Tampoco hubo conversiones entre los animales centinelas durante el embalse pero encontramos tasas moderadamente altas entre marsupiales y edentados silvestres, y porcentajes bajos de positivos en roedores y monos silvestres; por otra parte, las aves no arrojaron resultados positivos (Cuadro No. 10). Durante ese período, hubo un solo aislamiento de este virus; y, de nuevo, de un lote de *C. diabolicus* recogido en mayo de 1976 (Cuadro No. 6). En el posembalse, no hubo aislamiento; y de

unos pocos mamíferos sometidos a la prueba de NT, sólo un marsupial resultó positivo (Cuadro No. 11). No se registraron casos humanos producidos por el virus UT, ni hubo positivos serológicos (Cuadro No. 13).

f). **Gamboa (GAM):** Este virus fue aislado originalmente en 1962, de varios lotes de mosquitos *Aedeomyia squamipennis* capturados en Panamá. Al iniciarse estos estudios, no se conocía nada adicional sobre ese virus, pero recientemente salió a la luz pública un estudio sobre virus similares a GAM obtenidos en Panamá, Ecuador y Argentina¹². No hubo aislamientos de ese virus durante el preembalse, como tampoco seroconversiones en animales centinelas (Cuadros Nos. 6 y 9).

Durante el embalse se obtuvieron 37 aislamientos del virus Gamboa, de lotes del mosquito *A. squamipennis* capturados en la isla de Altos de Majé (Cuadro No. 6) en la siguiente forma: uno en diciembre de 1976, 3 en febrero de 1977, 6 en marzo, 7 en abril, 4 en mayo, 4 en junio, 1 en julio, 1 en agosto, 3 en octubre, 4 en noviembre y 3 en diciembre. También hubo un único aislamiento adicional del mosquito *Mansonia dyari*, en septiembre de 1977. Durante ese período no hubo conversiones serológicas en los "hámsteres" y monos centinelas, pero 17 de 28 pollos centinelas convirtieron (Cuadro No.

10) en la forma siguiente: 4 en marzo de 1977, 6 entre marzo y mayo, 1 entre mayo y julio, 1 en septiembre y 5 entre octubre y noviembre. Durante el posembalse hubo 10 aislamientos adicionales de *A. squamipennis* capturados en la isla en la siguiente forma: 5 en enero de 1978, 3 en febrero, 1 en abril, 1 en junio. En las estaciones situadas lago arriba se obtuvieron 3 aislamientos a principios de 1979, 2 de *A. squamipennis* y uno de *M. dyari*. Las aves silvestres exhibieron tasas apreciables de anticuerpos NT en las familias Ardeidae (garzas), Columbidae (palomas), Ramphastidae (tucanes), Troglodytidae (ruiseñores), Sylviidae (caza mosquitas), Thraupidae (tángaros), Icteridae (oropéndolas y turpiales) y Fringillidae (gorriones y pinzones), tanto durante el embalse como en el período del posembalse (Cuadros Nos. 9 y 10). No hubo conversiones serológicas en "hámsteres", ni en monos centinelas durante el posembalse, pero 2 de 9 pollos centinelas convirtieron en marzo de 1978 (Cuadro No. 11).

Los sueros obtenidos en tres comunidades situadas cerca de lugares donde existieron altas poblaciones de *A. squamipennis*, fueron sometidos a pruebas de NT contra el virus GAM, para determinar el grado de infección con este virus en humanos, obteniendo resultados negativos (Cuadro No. 12).

g). Chagres (CHG). En Panamá, se han registrado cuatro casos humanos con infecciones de este virus¹³, y dicho agente etiológico ha sido aislado previamente de las mosquitas flebotomínea: *Lutzomyia ylephiletrix* y *L. trapidoi*¹⁴.

Se obtuvieron 7 aislamientos de este virus durante el preembalse, todos ellos de "hámsteres" centinelas. Otros cinco aislamientos, cuya identificación alcanzó solo hasta el nivel de grupo, podrían también pertenecer a este virus (Cuadro No. 6). Como las infecciones con el virus CHG no siempre son fatales en "hámsteres", las conversiones serológicas en "hámsteres" centinelas también son útiles para detectar la actividad local de este virus. Durante el preembalse se observó que 14 de 271 "hámsteres" expuestos convirtieron al virus CHG (Cuadro No. 9), durante los siguientes meses: noviembre de 1973; marzo, septiembre y octubre de 1974; enero, abril, junio y diciembre de 1975; enero y febrero de 1976. En monos centinelas hubo 6 conversiones durante el preembalse en los meses siguientes: septiembre de 1973; marzo, julio, agosto y septiembre de 1974 y octubre de 1975. Hubo aislamientos de este virus durante los siguientes meses: junio de 1974, agosto y octubre de 1975, enero y marzo de 1976. Estos datos demuestran que este virus estuvo activo casi en forma

constante durante todo el período de preembalse. En el Cuadro No. 9 aparecen las tasas de anticuerpos NT al virus CHG, entre varias especies de mamíferos. Debemos notar, en particular, los bajos porcentajes en roedores y altas tasas en mamíferos de mayor tamaño, como carnívoros, marsupiales y perezosos.

Hubo 2 aislamientos del virus CHG de la mosquita *L. sanguinaria* durante el embalse, ambos en octubre de 1976. También hubo 9 aislamientos de "hámsteres" centinelas en julio, octubre, noviembre y diciembre de 1976, y en septiembre y diciembre de 1977. Adicionalmente, se registraron 7 conversiones en "hámsteres" centinelas en junio, julio, septiembre y noviembre de 1976, y en febrero de 1977. Un sólo mono centinela convirtió en mayo de 1976. Las tasas de anticuerpos en varias especies de mamíferos (Cuadro No. 10) son similares a las del período de preembalse. Debemos señalar que 7 de 20 carnívoros de la especie *Potos flavus* presentaron anticuerpos NT al virus CHG; y que todos los roedores que resultaron positivos pertenecían a especies de mayor tamaño, tales como puercoespines y ardillas.

Durante el posembalse no hubo ni aislamiento, ni conversiones a este virus en sueros de animales centinelas, indicando una baja tasa de transmisión.

El Cuadro No. 12 muestra los resultados de la encuesta de anticuerpos NT al virus CHG en comunidades a orillas de Lago Bayano en el posembalse, notándose una positividad que osciló de 0 al 20%, con un promedio de 9.4%.

h). **Punta Toro (PT):** Este es el segundo de los virus del grupo de la fiebre de *Phlebotomus* en Panamá¹³, asociado con enfermedades del hombre. También ha sido aislado de *L. sanguinaria*, *L. ylephiletrix* y *L. trapidoi*¹⁴.

Este virus fue aislado 7 veces durante el preembalse, una de *L. sanguinaria* en noviembre de 1975 y seis veces de "hámsteres" centinelas en diciembre de 1974, en enero y noviembre de 1975 y marzo de 1976. Adicionalmente, 3 de 287 "hámsteres" centinelas convirtieron serológicamente entre septiembre y noviembre de 1973, julio y agosto de 1974 y en enero de 1975. El Cuadro No. 9 presenta los resultados de las pruebas de NT en sueros de vertebrados silvestres. Como en el virus CHG, la casi ausencia de anticuerpos NT en roedores pequeños parece ser de relevancia. Las tasas altas de anticuerpos prevalecieron en mamíferos de mayor tamaño, con excepción de los monos. Durante el embalse hubo 7 aislamientos, todos ellos de "hámsteres" centinelas expuestos en julio, septiembre, noviembre y diciembre de 1976,

en enero y septiembre de 1977. Además, hubo una conversión en un "hámster" centinela en junio de 1976 y 2 conversiones en monos centinelas, ambos en mayo de 1976. El Cuadro No. 10 muestra las tasas de anticuerpos NT en vertebrados silvestres. Como en el virus CHG, las tasas fueron más altas en mamíferos de mayor tamaño, con excepción de los monos, siendo especialmente altas en carnívoros. También, igual que en el virus CHG, hubo positividad entre los roedores más grandes, como ardillas, agutíes y puercoespines.

En el posembalse hubo un solo aislamiento de un "hámster" centinela, en julio de 1979. No se registraron conversiones en animales centinelas. En el Cuadro No. 12 aparecen las tasas de anticuerpos NT en seres humanos que habitan en las distintas comunidades a orillas del Lago Bayano, que oscilan entre 0 y 20% con un promedio de 12.7%.

Comentarios

Los resultados revelan el significativo efecto que tuvo la construcción de la hidroeléctrica de Bayano, tanto sobre el mantenimiento de los ciclos de transmisión arbovirales existentes, como sobre el establecimiento de nuevos ciclos, y sobre el nuevo equilibrio alcanzado en el posembalse, en la dinámica de transmisión de los arbovirus

activos en el área. Hubo una gran variación, tanto en el grado como en la dirección de los efectos, sobre la transmisión de los distintos virus; en algunos de éstos, el efecto fue muy profundo mientras que en otros fue mucho más superficial; la transmisión tuvo una gran aceleración en ciertos virus, mientras que en otros la actividad viral decreció y cesó del todo; finalmente, en algunos virus los cambios en el ritmo de transmisión fueron muy efímeros, mientras que en otros parecieron ser más permanentes.

Es evidente que el efecto sobre los diferentes virus fue el resultado de los cambios inducidos en las poblaciones de vectores y hospederos y en las interacciones entre ellos, a causa de la serie de eventos ecológicos activados durante el embalse.

En el Cuadro No. 2 se puede apreciar, en un sentido general, el efecto del embalse sobre la densidad de población de tres importantes grupos de insectos vectores de algunos arbovirus en Panamá, o sea, los mosquitos, las mosquitas flebotomíneas y las chitras *Culicoides*.

El primer hecho que se destaca en este cuadro es el significativo incremento en las poblaciones de los tres grupos de insectos, entre 1974 y 1975, o sea, en el segundo y tercer año del preembalse. Este incremento podría atribuirse a parámetros fí-

sicos del ambiente natural, pero también podría ser el resultado de cambios faunísticos en la cuenca del futuro lago, inducidos por la intensa defoliación y grandes quemas, que empezaron en 1974 y se intensificaron durante 1975. Es lógico pensar que los mamíferos que habitaban en la cuenca, al ser perturbados por el corte y la quema, buscaran refugio en los lugares más altos de la cuenca, como Altos de Majé. Un movimiento general de animales, produjo una gran concentración temporal de una variedad de animales silvestres en la futura isla, que perduraría durante mayor o menor tiempo, dependiendo de la capacidad de carga del ecosistema para cada uno de las especies presentes. Por ejemplo, para la mayoría de los animales de caza la capacidad de carga ha debido ser grande, ya que sus poblaciones estuvieron bajo la enorme presión ejercida por la cacería indiscriminada que se practicaba en el área antes de iniciarse los estudios.

Esta multiplicación de las fuentes de sangre para los insectos hematófagos ha debido afectar sus poblaciones de dos maneras: por un lado, la presencia de estos animales ha podido ejercer mayor atracción para los mosquitos con largo radio de vuelo, que se reproducen fuera del área y que buscaban sangre; y, por otro, esta abundancia de fuentes

de sangre ha debido aumentar el potencial reproductivo de aquellas especies de insectos hematófagos que se crían dentro del área.

Si la hipótesis planteada es correcta, la situación ha debido reflejarse en las capturas de los insectos que se reproducen fuera del área, con un incremento en las especies con largo radio de vuelo y ningún cambio en aquellas especies de vuelo corto. Los resultados de las capturas que muestra el Cuadro No. 3, no contradicen la hipótesis; en 1975 notamos, en efecto, un incremento en las especies de vuelo largo, como *Mansonia dyari*, *Aedes taeniorhynchus* y *Culex nigripalpus*, y ningún incremento en las especies de vuelo corto, como *C. ocosa*, *C. erraticus* y *Aedeomyia squamipennis*. Aunque no se conoce a cabalidad el radio de vuelo de los mosquitos del género *Haemagogus* existen informes que indican que una de las especies de estos mosquitos, que registraron un incremento significativo en 1975, fue capturada después de un vuelo de más de 11.5 kms¹⁵.

El segundo punto que surge de este cuadro es la drástica reducción en la población de las chitras *Culicoides* entre el primer y segundo año del preembalse, o sea entre 1973 y 1974. Actualmente tenemos pocos conocimientos sobre los hábitos de procreación del *C. diabolicus*, espe-

cie que constituyó el 90% del total de las capturas de *Culicoides* en el sitio de estudios. Se puede señalar, sin embargo, que en un estudio sobre la procreación de *Culicoides* en Altos de Majé, que se efectuó entre mayo y agosto de 1976¹⁶, se llevaron a cabo 202 capturas de larvas de *Culicoides* en bromelias, cavidades de árboles, nudos de bambú, suelos húmedos, hojarasca, troncos de palma, arroyos, flores de *Heliconia*, coronas de palmas, flores de *Costus*, axilas de *Xanthosoma* y pencas de palmas, y no se encontraron estadios inmaduros de *C. diabolicus*. Suponemos que, en alguna forma, la intensa defoliación en los bajos situados alrededor de la futura isla, durante 1973 y 1974, afectó seriamente la producción de *C. diabolicus* en las fuentes de la especie. Durante la última parte del período de preembalse hubo alguna recuperación en la población de *C. diabolicus*, tal vez como resultado de la acumulación de vertebrados en Altos de Majé que mencionamos anteriormente.

No ocurrió ninguna intensificación en la actividad de los virus transmitidos por mosquitos paralelamente al incremento en la población de estos vectores registrados en 1975. En contraste, durante 1975 hubo un incremento definitivo en la actividad de los virus Chagres y Punta Toro, transmitidos por mosquitos fle-

botomíneas. Así, hubo un solo aislamiento de Chagres en el período de 1973 a 1974, mientras que entre el 1° de enero de 1975 y el 15 de marzo de 1976 se registraron 6 aislamientos; así mismo, 4 "hámsteres" centinelas registraron conversiones del virus Chagres entre 1973 y 1974, mientras que 10 convirtieron entre 1975 y marzo de 1976. Del virus PT registramos un solo aislamiento en 1974 y 6, entre 1975 y 1976; al mismo tiempo, no hubo conversiones de este virus en 1973-1974 y sí hubo 3, entre 1975 y 1976. Este incremento en la transmisión de los virus CHG y PT ocurrió al mismo tiempo que se registraba un aumento en las poblaciones de las moscas *Lutzomyia sanguinaria* y *L. trapidoi* (Cuadro No. 3).

El único virus del área de estudios transmitido por *Culicoides* fue Utinga (UT). Hubo 35 aislamientos de este virus en el preembalse; y de éstos, 29 fueron aislados de chitras capturadas en mayo y junio de 1974; los otros seis aislamientos se obtuvieron de *Culicoides*, en mayo y junio de 1975. Debemos aclarar que las chitras adultas desaparecen del área de estudios en los meses de verano, aproximadamente de enero a mayo; que los insectos de los cuales se aisló virus en 1975 correspondían al primer grupo de adultos que emergían después de las grandes quemas

del verano de 1975; y que las chitras infectadas en 1974 correspondían al primer grupo de adultos que emergían ese año, antes de que el impacto de las quemas afectara la producción de *Culicoides*. Es de notar la ausencia de aislamientos del virus UT durante 1973, a pesar de que las recogidas de *Culicoides* en ese año fueron las mayores del período de preembalse. Esto se debió a que no fueron estudiadas las chitras para aislamiento de virus hasta agosto de 1973, no obstante que se registraron las capturas durante todo el año, mientras que en los dos años subsiguientes sólo se aisló el virus de los *Culicoides* capturados en mayo y junio.

El agrupamiento de los aislamientos del virus UT en las capturas de *Culicoides* correspondientes a la primera población que surgía después de iniciarse las lluvias, nos llevó a desarrollar la hipótesis de transmisión vertical del virus en el insecto vector. Sin embargo, no pudimos poner a prueba experimental la hipótesis debido a la desaparición del virus UT del área de estudio.

Al iniciarse el embalse, el 16 de marzo de 1976, se liberó una serie de fuerzas ambientales que iniciaron una cadena de hechos ecológicos que ya hemos discutido. Estos hechos produjeron profundos cambios en la dinámica poblacional de los vectores y de los hospederos de arbovi-

rus que a su vez alteraron, ya sea en forma temporal o permanente, las tasas de transmisión de esos virus. En lo que se refiere a las chitras *Culicoides*, mientras la población bajaba abruptamente a 53.2 hembras por hora-hombres durante 1976, y luego se recuperaba a 382.4 en 1977 y a 557.3 en el posembalse, el aislamiento de UT quedaba reducido a uno en 1976 y a 0 en 1977 y 1978 (Cuadro No. 6). No obtuvimos evidencia de infecciones humanas con el virus UT (Cuadro No. 13). Tampoco detectamos anticuerpos de este virus en las aves, pero sí notamos su prevalencia en los mamíferos de mayor tamaño.

El impacto sobre las poblaciones de mosquitos, de cada uno de los hechos de la sucesión ecológica iniciada por el embalse, se hizo sentir también sobre la tasa de infección de los virus transmitidos por las distintas especies de esos insectos. Así, cuando la población del *A. taeniorhynchus* alcanzó su cúspide de 10.6 hembras por hora-hombre, en mayo de 1976, se obtuvo también el único aislamiento de virus de esta especie, que resultó ser el virus Cache Valley (CV) (Cuadro No. 7).

Conforme se acentuó la anoxia en las aguas del lago, a raíz del embalse, la vida animal del lago, incluyendo los peces larvívoros, fue desapareciendo. Al "eutrofizarse" el lago, por su gran con-

tenido de materias orgánicas, un crecimiento de algas verdes invadió los estratos superiores de las aguas; ésto indujo al aumento de la población del mosquito *C. nigripalpus*, una especie que favorece grandes extensiones de aguas abiertas; esta explosión llegó a su cúspide en mayo, descendiendo rápidamente en junio y julio, al tiempo que la densidad de peces parecía ascender en las aguas del lago. En esta época se aisló el único virus obtenido de esta especie de mosquitos, que resultó ser una cepa del virus Turlock (TV) (Cuadro No. 7).

Otra especie de mosquitos que mostró un incremento de población en la misma época fue el *C. erraticus*; pero sus densidades aumentaron más lentamente, alcanzando su cúspide durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 1976. En el mes de agosto se obtuvo el único aislamiento de virus de esta especie, y fue una cepa del virus VEE (Cuadro No. 7). En nuestro laboratorio tenemos pruebas experimentales inéditas que demuestran que algunas cepas panameñas de este mosquito no son vectores eficientes de ese virus. Hemos interpretado la única infección natural que ocurrió como el resultado de la infección de una hembra que chupó sangre de un hospedero virémico en un sitio fuera del lugar de estudios, donde se desarro-

llaba un ciclo enzoótico mantenido por otros vectores eficientes, y que luego voló o fue transportada a Altos de Majé, donde fue detectado al ser capturada la hembra. El hecho de que este primer aislamiento del virus VEE de Altos de Majé no fue seguido por aislamientos subsiguientes hasta muchos meses después, cuando vectores eficientes aparecieron en la isla, parece dar apoyo a nuestra interpretación.

La lechuga de agua, *Pistia stratiotes*, que antes del embalse estaba presente en la cuenca del Bayano, en pequeñas comunidades que orillaban algunos de los afluentes, encontró condiciones favorables en las aguas "eutróficas" del lago y en unas cuantas semanas cubrió, como un manto verde, grandes porciones de la superficie del lago. Esta proliferación de *Pistia* incrementó grandemente las poblaciones de las especies de mosquitos *A. squamipennis*, *M. dyari* y *C. ocosa*, que se procrean en asociación con esta planta acuática.

Cuando la población de *A. squamipennis* llegó a su cúspide se obtuvo de este mosquito, en diciembre de 1976, el primer aislamiento del virus Gamboa. Una serie de más de 30 aislamientos siguió, obteniéndose virus en casi todos los meses del año de 1977. La frecuencia de los aislamientos en este mosquito nos hizo sospe-

char que el virus estaba pasando transováricamente, de una generación a otra, en el insecto vector. Un experimento comprobó que nuestra hipótesis era correcta, y fué la primera vez que la transmisión vertical era demostrada en esta especie. Durante el posembalse, nuestras capturas de *A. squamipennis* descendieron drásticamente y las tasas de aislamientos del virus GAM también descendieron; pero el virus todavía estaba presente en la cuenca del lago en 1979, como lo demuestran los dos aislamientos obtenidos de mosquitos *A. squamipennis* capturados en la parte superior del lago. En el cuadro No. 12, observamos que no se detectaron anticuerpos en humanos contra el virus. Tampoco se encontraron anticuerpos en "hámsteres" y monos centinelas, o en mamíferos silvestres, pero sí estuvieron bien repartidos entre distintas familias de aves (Cuadro No. 10).

En los resultados señalamos que las densidades de *M. dyari* tuvieron una alza considerable durante el embalse, y alcanzaron su cúspide en 1977. El primer aislamiento del virus SLE de ese mosquito se obtuvo a principios de 1977, seguido de una serie de aislamientos entre febrero y junio de ese año. También se registró una alta tasa de conversiones serológicas al virus SLE durante ese lapso, en "hámsteres", pollos y monos

centinelas. En el posembalse ocurrió una sola conversión en "hámsteres" y no hubo aislamientos de virus. No detectamos conversiones en sueros humanos después de 1977, de manera que la actividad de ese virus pareció haber disminuido o cesado del todo.

Este mismo virus apareció en el preembalse, con un aislamiento del mosquito *Haemagogus lucifer*, y se reflejó en tasas de anticuerpos bastante altas en algunos mamíferos arbóreos, como perezosos y monos, pero sin conversiones en "hámsteres", que evitan ser picados con frecuencia durante las horas del día. Estos datos parecen indicar la existencia de un ciclo de transmisión arbórea y diurna, algo así como en la fiebre amarilla selvática; en el ciclo aparecen involucrados varios mamíferos arbóreos y en particular los perezosos. La importancia de estos edentados como amplificadores del virus SLE ha sido señalada recientemente por Seymour y colaboradores¹⁷.

Cuando el virus SLE incrementó su actividad en el embalse, apareció en el mosquito *M. dyari*, un insecto que es primordialmente nocturno y chupa sangre indiscriminadamente, tanto en el piso como en el dosel del bosque, lo mismo de mamíferos como de aves. De aquí se deduce que el virus SLE pasó de un ciclo diurno poco eficien-

te y arbóreo, durante el preembalse, a un ciclo mucho más eficiente durante el embalse, por estar la transmisión menos restringida en cuanto a la estratificación vertical en el bosque, a la selectividad de hospederos y al ciclo "dial" de los vectores. Las infecciones humanas parecen haber sido moderadamente altas, particularmente en las orillas del lago, como se deduce del resultado de las encuestas serológicas que aparecen en el Cuadro No. 12.

Otro mosquito que tuvo aumento de población, como resultado de su asociación con la lechuga de agua, fue el *C. ocosa* (*aikenii*), un conocido vector del virus VEE¹⁸. Este mosquito tuvo su crecimiento poblacional en 1977 y a mediados de ese año brotó una epidemia causada por ese virus⁹. Entre agosto y octubre de 1977 se obtuvieron 24 aislamientos del virus en "hámsteres" centinelas; y ocurrió probablemente, una reversión de la transmisión y amplificación del virus entre los centinelas y el vector *C. ocosa*, que es atraído en números considerables por los "hámsteres". En el mes de octubre, cuando los centinelas regulares fueron reemplazados por "hámsteres" inmunizados, la cadena revertida de transmisión se interrumpió y la intensidad del brote amainó, en Altos de Majé. Aunque el número total de roedores declinó desde

1977, el porcentaje de ratas algodoneras y de ratas espinosas se mantuvo alto. Esas dos especies son consideradas como los hospederos principales del virus VEE en otras áreas de Panamá¹⁹.

Otra especie de mosquito que amerita especial atención es el *Haemagogus lucifer*. Esta especie es uno de los principales vectores de la Fiebre Amarilla Selvática en Panamá y probablemente también está involucrada en la transmisión de los virus Mayaro y SLE en este país. La densidad de población de *H. lucifer* subió en el prembalse, durante la época en que gran número de mamíferos pasó hacia Altos de Majé buscando refugio de la deforestación y de las quemas que tenían lugar en la cuenca del futuro lago. Luego ocurrió un inexplicable severo descenso de la población durante el embalse, cuando la continuidad del bosque de Altos de Majé era aislada, al quedar separada de tierra firme por un brazo de agua. Nuestra hipótesis es que ese descenso fue causado por el llamado "efecto insular", que afectó negativamente a muchos grupos de animales en Altos de Majé, como pudimos comprobar en las aves (Cuadro No. 5). Ese efecto ha sido estudiado recientemente en las poblaciones de aves de Barro Colorado, una isla de formación ecológica en el Lago Gatún²⁰, similar a Altos de Majé.

Es difícil interpretar el comportamiento de los virus transmitidos por moscas flebotomíneas en relación con las sucesiones ecológicas que ocurrieron en Bayano, como resultado del embalse. En primer lugar, algunos de los virus, del grupo de la fiebre de *Phlebotomus* y del complejo viral Changuinola, también fueron aislados de mosquitos, de manera que los mecanismos de transmisión de estos virus no pueden discutirse exclusivamente con base en los cambios que ocurrieron en las densidades de las moscas *Lutzomyia*. También cabe mencionar que los cambios en las densidades de las distintas especies de estas moscas son difíciles de relacionar con las sucesiones ecológicas causadas por el embalse. Por lo tanto, hemos pospuesto la interpretación del comportamiento de estos virus durante el estudio para futuras publicaciones.

En este estudio, tanto en las investigaciones biológicas como en los estudios de los parámetros físicos del ambiente natural, se utilizaron equipos y técnicas que rindieran resultados científicamente confiables, pero que al mismo tiempo no fueran demasiado costosos y sofisticados, de manera que pudieran ser reproducidos en otras regiones tropicales, y que estuvieran al alcance de los países en vías de desarrollo.

SUMMARY

The study was designed to investigate the effect of environmental changes induced by the construction of the Bayano Hydroelectric Project in Panama, on the transmission dynamics of arboviruses.

In the study, the arboviral transmission rates were measured before, during and after the impoundment of the Bayano River, that resulted in the formation of a 350 km² hydroelectric lake that flooded large areas of tropical forests. The preimpoundment period in the study extended from September, 1972 to March, 1976; the impoundment period was from that month until the end of 1977 and the post-impoundment studies were conducted during the year 1978.

The transmission dynamics of each virus was studied by measuring isolation rates of the

viruses in insect vectors and in sentinel animals, and/or by the serological response of these sentinels and of feral vertebrates and humans that inhabit the study area.

The study permitted a general evaluation of the effects of impoundment on the following viruses: EEE, VEE, MAY, YF, SLE, PT, CHG, CAI, NI, GAM, UT, CV, TU and CGL. The effects were shown to be significant, but the direction, intensity and duration of these efforts varied widely in the different viruses involved.

An attempt is made to associate the impact on the different viruses with population changes of their respective vectors and hosts induced by the profound changes in the natural environment that resulted from the impoundment of the river. The methodology employed in these studies is within reach of other developing countries.

AGRADECIMIENTO

Como este estudio fue realizado como un proyecto multidisciplinario y a largo plazo, muchos científicos asociados con el Laboratorio Conmemorativo Gorgas participaron en algunas fases de las investigaciones. A todos ellos nuestro agradecimiento, en particular a los doctores K.M. Johnson, Patricia Webb, Eustorgio Méndez, Charles Seymour, Laura Kramer, Paul Campanella, Rolando Saénz, Manuel Vásquez, Thomas J. Moon y a las licenciadas Gladys Oro y Claire Joplin.

Otras instituciones también participaron activamente. La Universidad de Panamá, a través de los profesores Enrique Mayo y Mireya Correa y de muchos de sus estudiantes. El Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, por intermedio de los doctores Ira Rubinoff, G. Gene Montgomery, Nicholas Smythe y Katherine Milton. El American Museum of Natural History, por conducto de los doctores Eugene Eisenmann (q.e.p.d.) y Charles W. Myers. La Audubon Society of Panamá, a través de los doctores Robert Ridgely, Nathan B. Gale, Dodge Engelman y Jaime Pujals. La Universidad de Yale, con la ayuda de los doctores Gary Vitale, Wilbur G. Downs y T. H. G. Aitken.

Finalmente, estamos particularmente en deuda con una pléyade de miembros del personal de apoyo a nuestra institución, entre los cuales nos sentimos obligados a mencionar los nombres de: R. Hinds, A. Herrera, T. de Díaz, E. Miranda, R. Vilchez, O. de Torres, B. Poto, L. de León, B. Cedeño, M. Torres, N. Angelkos, M. de Adames y M. Reyes.

1. Terry RA: A geological reconnaissance of Panama. San Francisco Academy of Science, Pub. No. 23, 1956
2. Holdridge LR: Determination of world plant formations from simple climatic data. Science 105 (2727): 367-68, 1947
3. Tosi JA: Inventariación y demostraciones forestales, Panamá. Zonas de vida. Roma. FAO. Programas de las N.U. para el desarrollo. FAO:SF/PANG, Informe Técnico 2, 89 p. + 1 mapa, 1971
4. Ridgely RS: A Guide to the Birds of Panama, Princetown, New Jersey, Princeton University Press, 394 pp
5. Rossan RN, Baerg DC: Laboratory and feral hybridization of *Ateles geoffroyi panamensis* Kellog and Goldman 1944 and *A. Fusciceps robustus* Allen 1914 in Panama. Primates 18 (1): 235-237, 1977
6. Candanedo C: Lago Bayano: Formación, manejo y control. Simposio sobre la formación del Lago Bayano. Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación, Panamá, 1978
7. Dietz WH, Galindo P, Johnson KM: Eastern equine encephalomyelitis in Panama: the epidemiology of the 1973 epizootic. Am J Trop Med Hyg 29(1): 133-140, 1980
8. Dickerman RW, Pinheiro PF, Oliva OPF, Travassos da Rosa JF, Calisher CH: Eastern encephalitis virus from virgin forests of northern Brazil. Bull Pan Am Health Organ 14(1): 15-21, 1980
9. Adames AJ, Peralta PH, Sáenz R, Johnson CM, Galindo, P: Brote de encefalomyelitis equina venezolana (VEE) durante la formación del Lago Bayano, Panamá, 1977. Rev Méd Panamá 4(3): 246-257, 1979
10. Seymour C, Peralta PH, Montgomery GG: Description of viruses isolated from Panamanian sloths, and of related viruses from Panamanian Culicoides midges. Am J Trop Med Hyg (En prensa) 1982
11. International Catalogue of Arboviruses (Including certain other viruses), 1975, U.S. Dept. Hlth. Ed. and Wlfr. Pub. No. CDC 75-8301
12. Calisher CH, Lazuick JS, Justines G, Francly DB, Monath TP, Gutierrez VE, Sabbatini MS, Bowen GS, Jakob WL: Viruses isolated from *Aedeomyia squamipennis* mosquitoes collected in Panama, Ecuador, and Argentina: Establishment of the Gamboa Serogroup. Am J Trop Med Hyg 30(1): 219-223, 1981
13. Srihongse S, Johnson CM: Human Infections with Chagres virus in Panama. Am J Trop Med Hyg 23: 690-693, 1974
14. Tesh RB, Chaniotis BN, Peralta PH, Johnson KM: Ecology of viruses isolated from Panamanian phlebotomine sandflies. Am J Trop Med Hyg 23: 258-269, 1974
15. Causey OR, Kumm HW, Lammert HW, Jr: Dispersion of forest mosquitoes in Brazil; further studies. Am J Trop Med Hyg 30: 301-312, 1950
16. Vitale G: *Culicoides* breeding sites in Panama. Proc World Ceratopogonidae Group 1976. Mosq News 37: 282, 1977
17. Seymour C, Kramer LD, Peralta PH: Experimental St. Louis Encephalitis Virus Infection of Sloths and Cormorants. Am J Trop Med (En prensa) 1982
18. Galindo P, Grayson MA: *Culex (Melanoconion) aikenii*: natural vector of endemic Venezuelan encephalitis. Science 172: 594-595, 1971

19. Galindo P, Sihongse S, Rodaniche E de, Grayson MA: An ecological survey for arbovirus in Almirante, Panama, 1959-1962. *Am J Trop Med Hyg* 15: 385-400, 1966
20. Willis EO: Populations and local extinctions of birds on Barro Colorado Island, Panama. *Ecological Monographs* 44:153-169, 1974