

## *Diagnóstico de anemias por computadora*

Por

KAFAKL OLIVE» VIDAID,\* JOSÉ GÓMEZ CORTÉS,\*\*  
Prof.: J. A. PRESNO ALBARRÁN (asesor)3

Oliver Vidaud, R. et al. *Diagnóstico de anemias por computadora*. Rev Cub Med 13: 5, 1974.

Se presenta un programa codificado en FORTRAN IV, a través del cual hemos logrado que una computadora haga el estudio de una anemia, valiéndose de los exámenes complementarios, y que llegue al diagnóstico definitivo sin la participación humana en la interpretación de los resultados. Además, se ha logrado que la máquina solicite los distintos exámenes cuando éstos se van haciendo necesarios a medida que se aproxima al diagnóstico.

### INTRODUCCION

Todos le hemos que en medicina, para llegar a r:ri diagnóstico cualquiera, utilizamos por lo general el método de particiones," pues a veces por un signo clínico, por el resultado de un complementario, o por la ausencia de otro signo o síntoma, descartamos un grupo grande de enfermedades o de causas de una enfermedad. Por ejemplo, en un paciente icterico con ausencia de coluria, podemos descartar los ícteros poshepáticos.<sup>17</sup> Es decir, nos hemos preguntado: ¿Hay coluria? Si la respuesta fuese afirmativa (sí) habría que preguntarse: ¿Hay acolia? Si per el contrario la respuesta hubiera sido negativa (no), entonces ya no estamos frente a un íctero obstructivo o hepatocelular, y la pregunta sería otra, digamos: ¿Hay hemolisis?

Este tipo de problemática la resuelve la computadora con el simple esquema de preguntas y respuestas de *sí* o *no*. Con este método se logra lo que se denomina

\* Interno de anestesiología.

\*\* Alumno ayudante de 5to año de medicina (hospital "Calixto García").

*diagrama de bloques*, que no es más que la secuencia lógica del razonamiento humano llevada a un esquema. Así mostraremos a continuación cómo a través de respuestas de *sí* o *no* se puede llegar al diagnóstico de una anemia. Hemos escogido las anemias porque aquí la información fundamental es la del laboratorio, cosa que se presta muy bien para una respuesta numérica, o un resultado positivo o negativo.

Sigamos ahora el esquema desde el principio, y tomemos una de sus ramas. Esto resulta tan sencillo que el lector puede después hacerlo él sólo con el resto del diagrama una vez que haya comprendido su mecánica.

### *Presentación del diagrama general*

(Esquema 1).<sup>3,4,r'</sup>

En el primer bloque del diagrama se enumeran los datos indispensables que deben ser leídos por la computadora al inicio del programa. Estos son: Hb., Hto., conteo de eritrocitos, conteo de leucocitos y raza. Con estos datos la máquina comienza su trabajo calculando de inicio las constantes corpusculares. Después hace su primera pregunta (los bloques romboidales

significan interrogación): ¿Es la CHCM menor que 30%? En caso de que la respuesta sea afirmativa, la anemia queda clasificada dentro del grupo de las microcíticas hipocrómicas, siguiendo el sentido de la flecha. En caso de que la CHCM sea mayor o igual que 30%, la respuesta es negativa, y entonces queda por diferenciar entre las macrocíticas y las normocíticas, para lo que entonces pregunta por el valor del VCM que ya tiene calculado. Si éste resulta mayor que 94, la clasifica como macrocítica, siguiendo también el sentido de la flecha. Si por el contrario es menor o igual que 94, la respuesta es negativa, y la flecha señala hacia la normocítica normocrómica.

En este punto del programa la máquina no puede continuar clasificando si no tiene el dato de un conteo de reticulocitos. Aquí aparece la primera orden de la máquina pidiendo el examen mencionado y escribiendo además el número de expediente del paciente. Una vez que ha dado esta respuesta, comienza a procesar los datos del próximo paciente.

Cuando le damos a leer por segunda vez los datos del primer paciente, al que ya hemos hecho un conteo de reticulocitos, la máquina puede entonces avanzar en el diagnóstico, porque después de seguir la secuencia antes descrita, pregunta entonces por el valor del conteo. Si éste es mayor de 5%, la anemia caerá dentro del grupo de las hemolíticas. No nos pide nuevos datos porque la próxima pregunta se refiere a la raza y este dato fue suministrado desde el principio. Si el paciente es mulato o negro, pedirá prueba de Huelo y avisará que se trata de una anemia hemolítica. Hemos querido descartar primero la anemia falciforme por su elevada frecuencia dentro de las anemias hemolíticas de la raza mestiza o negra,<sup>1</sup> al igual que a través de todo el programa hemos tratado de descartar primero la variedad de anemia más frecuente dentro de un mismo grupo con el fin de ahorrar

exámenes complementarios.

Continuando nuestra secuencia lógica, vemos que la máquina pregunta por la positividad de Huck. Claro está que antes de esto, la máquina ha repetido el mismo proceso de "vuelta al principio", tal como se explicó anteriormente, pudiendo recibir así nuestro nuevo dato. Si la prueba de Huck resultó positiva, da el diagnóstico de anemia falciforme, y ordena electroforesis de heroglobina para la clasificación.

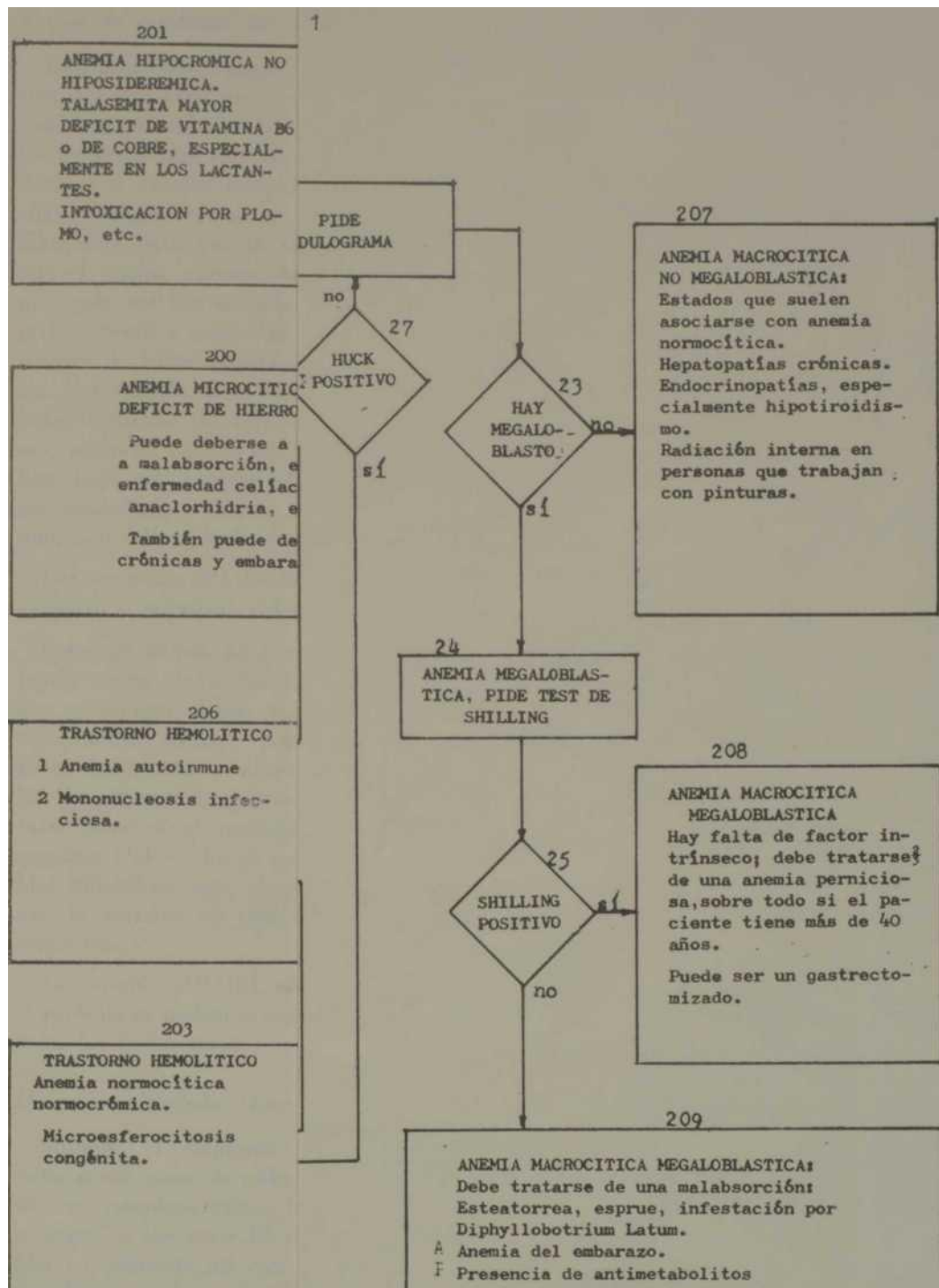
En caso de que Huck resulte negativa, el diagrama sigue el criterio que hubiera tomado desde el principio, si el paciente no hubiera sido de la raza negra o mestiza, y pide entonces la prueba de Coombs. Como se comprobará, éste es el razonamiento propio del médico en la cabecera del enfermo, y puede ser perfectamente realizado por una computadora en forma mucho más rápida y precisa, puesto que la máquina puede hacer todas las preguntas de este esquema en fracciones de segundo.

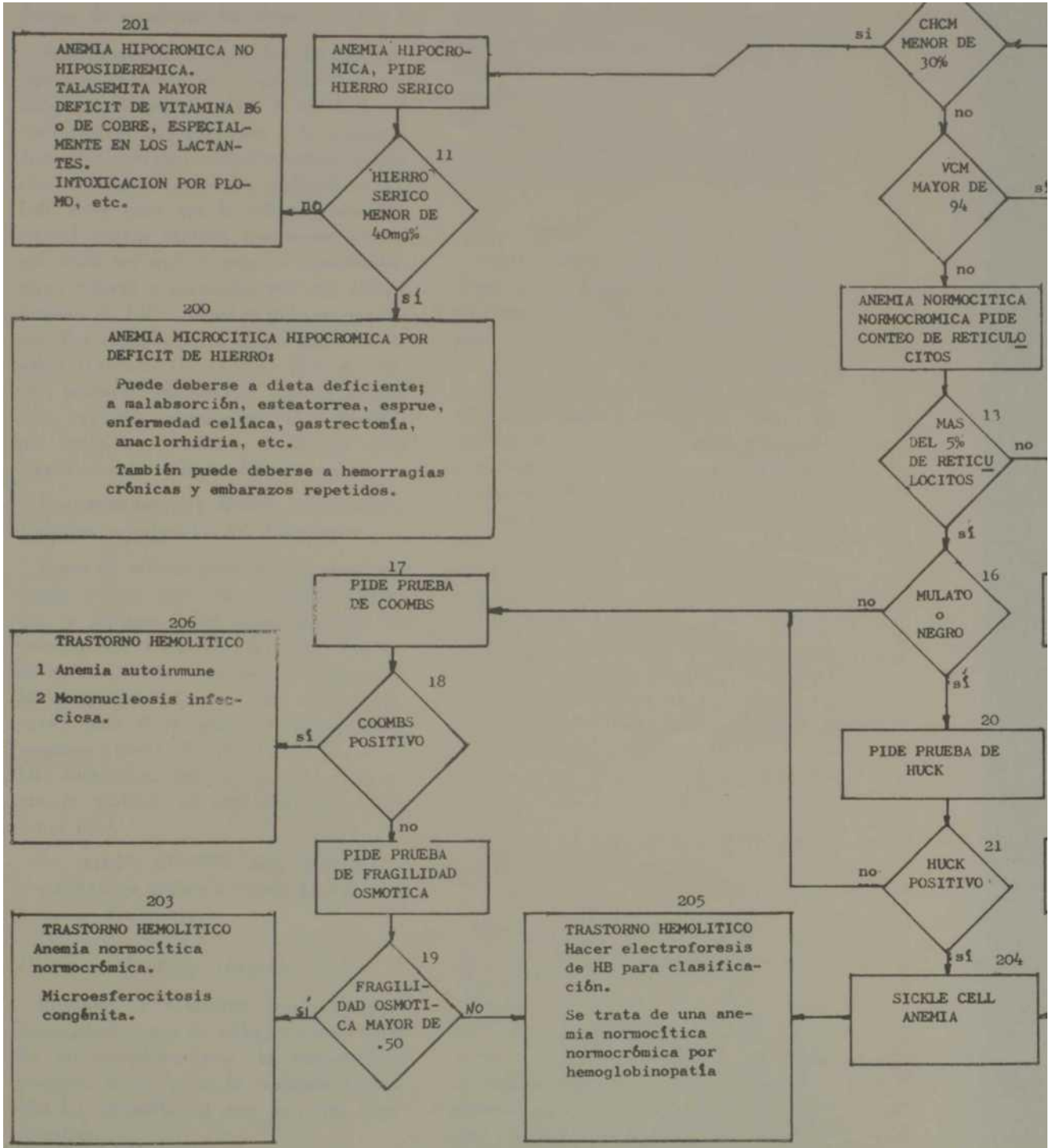
Si el lector toma ahora los datos de un caso conocido, podrá seguir la secuencia lógica del diagrama hasta llegar a un diagnóstico, entrenándose así en el manejo de estos esquemas.

Es conveniente señalar que la numeración que aparece junto a los bloques del diagrama, corresponde a las instrucciones de la codificación y a los *FORMAT* de salida.

#### *Programación Fortran IV\**

Para los conocedores de esta materia presentamos el diagrama de bloques detallado y la codificación junto con la explicación del modo en que deben recogerse los datos y ser suministrados en las tarjetas o cintas perforadas.





201

ANEMIA HIPOCROMICA NO HIPOSIDEREMICA. TALASEMITA MAYOR DEFICIT DE VITAMINA B6 o DE COBRE, ESPECIALMENTE EN LOS LACTANTES. INTOXICACION POR PLOMO, etc.

ANEMIA HIPOCROMICA, PIDE HIERRO SERICO

11  
HIERRO SERICO MENOR DE 40mg%

200

ANEMIA MICROCITICA HIPOCROMICA POR DEFICIT DE HIERRO:

Puede deberse a dieta deficiente; a malabsorcion, esteatorrea, esprue, enfermedad celíaca, gastrectomía, anaclorhidria, etc.

También puede deberse a hemorragias crónicas y embarazos repetidos.

17

PIDE PRUEBA DE COOMBS

206

TRASTORNO HEMOLITICO  
1 Anemia autoinmune  
2 Mononucleosis infecciosa.

18  
COOMBS POSITIVO

PIDE PRUEBA DE FRAGILIDAD OSMOTICA

203

TRASTORNO HEMOLITICO  
Anemia normocítica normocrómica.  
Microesferocitosis congénita.

19  
FRAGILIDAD OSMOTICA MAYOR DE .50

205

TRASTORNO HEMOLITICO  
Hacer electroforesis de HB para clasificación.  
Se trata de una anemia normocítica normocrómica por hemoglobinopatía

si  
CHCM MENOR DE 30%

no  
VCM MAYOR DE 94

ANEMIA NORMOCITICA NORMOCROMICA PIDE CONTEO DE RETICULOCITOS

13  
MAS DEL 5% DE RETICULOCITOS

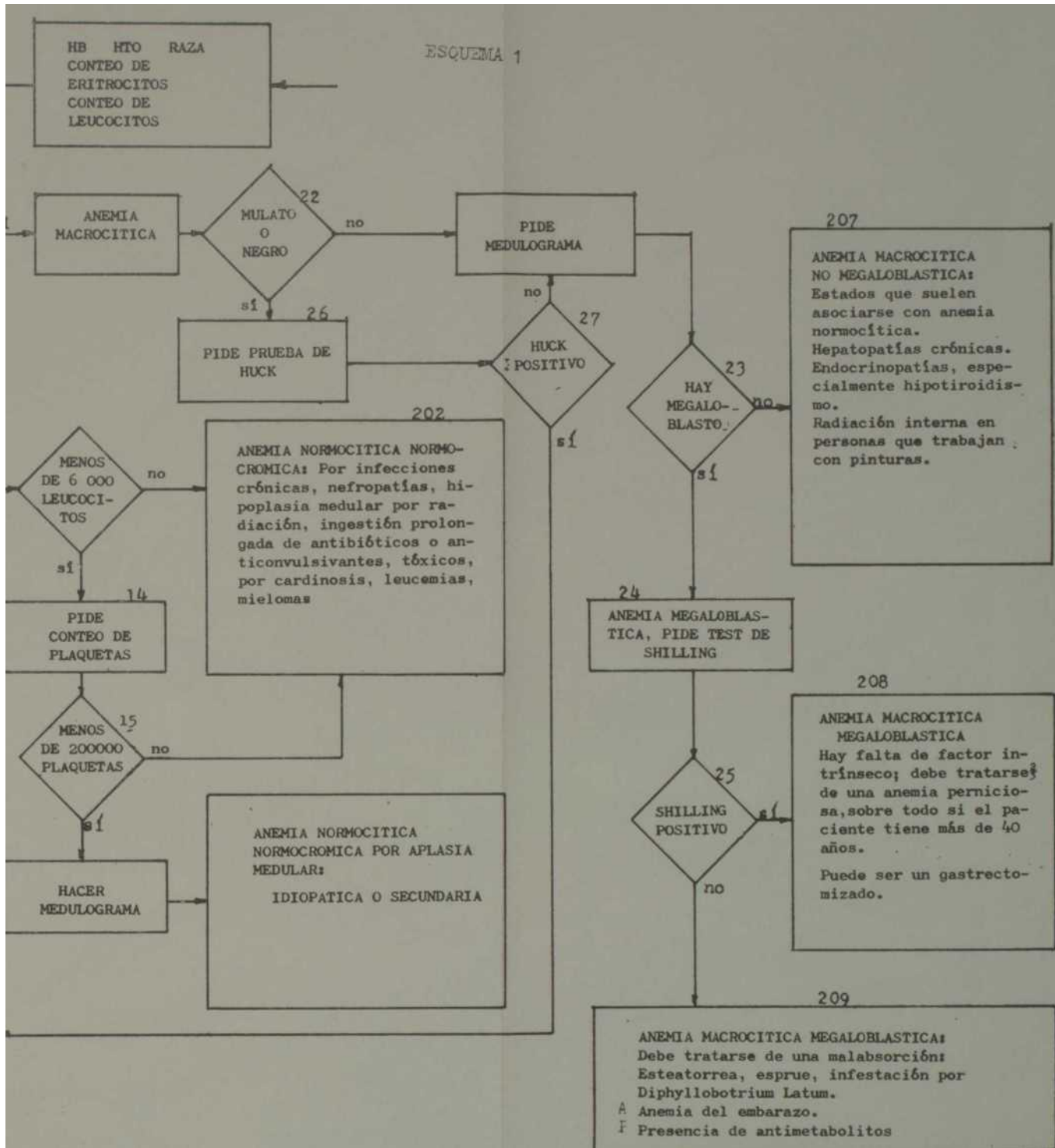
16  
MULATO o NEGRO

20  
PIDE PRUEBA DE HUCK

21  
HUCK POSITIVO

204  
SICKLE CELL ANEMIA

ESQUEMA 1



### *Forma de recolectar los datos*

Este programa trabaja con 14 parámetros que aparecen en el cuadro. Las variables terminadas en L y l son lógicas; las primeras (L) informan a la computadora si el examen complementario a que ellas corresponden, se ha realizado o no. Esto sirve para que la máquina no solicite el mismo examen dos veces, puesto que cada vez que se pide un complementario, volverá a preguntar por este último después de haber repetido toda la secuencia. Por ejemplo, si el hierro sérico no se había realizado (la variable FEL era falsa), entonces, cuando este examen se realice, hay que cambiar el valor de FEL por verdadero, y asignar a FEV el valor numérico del resultado del examen.

Las segundas (P) hablan del resultado (positivo o negativo) del complementario.

Lomo es sabido, para que el programa pueda correr, todas las variables lógicas que se utilizan, deben tener asignado un valor al ser leídas,<sup>4</sup> por tanto, ante el hecho de no estar realizado cualquiera de los complementarios, su valor debe perforarse como si el resultado hubiera sido negativo (falso). En el caso de las variables numéricas, esto no es necesario, ya que la variable no perforada será leída como cero.<sup>4>5</sup>

La variable COLORL será verdadera si el paciente es mulato o negro, y falsa para todas las demás razas.

### *Diagrama detallado (Esquema 2)*

Mirando el diagrama puede comprobarse cómo, antes de trabajar con el valor de un complementario, la computadora pregunta si éste ya se ha realizado (variables L), evitando así caer en ciclos interminables.

### *Uso en serie para el diagnóstico*

Si el lector observa detenidamente el segundo diagrama, verá que todas las instrucciones de

salida van nuevamente al primer READ, lo cual hace posible la lectura de una nueva tarjeta y no detiene la máquina, esperando el resultado de los exámenes pedidos para el paciente anterior. Esto permite el trabajo con una serie ilimitada de pacientes en un tiempo muy breve.

Para ilustrar cómo sería el método de trabajo, podemos imaginar que queremos llegar a un diagnóstico de un grupo de pacientes. Para ello debemos perforar los datos de cada uno en tarjetas separadas, tal como se ha explicado anteriormente en el orden en que aparecen en la tabla, y suministrarlas a la unidad lectora una seguida de la otra. La máquina comenzará a escribir conclusiones de cada paciente y a solicitar los exámenes complementarios de cada uno de ellos. Después de realizados, leerá los nuevos resultados, volverá a procesar estos datos y repetirá el proceso, tantas veces como sea necesario, hasta tener el mínimo de información suficiente para dar un diagnóstico definitivo de cada caso. Es lógico suponer que los casos cuyos diagnósticos requieran menor número de complementarios serán diagnosticados más tempranamente, y sus tarjetas serán retiradas de la secuencia, primero que las demás.

Después de cada escritura realizamos en el laboratorio los complementarios que solicitó la máquina para cada paciente.

Mientras el laboratorio realiza los exámenes, puede comenzarse a trabajar inmediatamente con otro nuevo grupo de pacientes, y así sucesivamente hasta recibir los resultados de laboratorio del primer grupo, procesarlos y obtener las órdenes de nuevos exámenes o los diagnósticos. Se obtiene así un flujo constante de tarjetas que permite el estudio, en serie, de tantos pacientes como se desee, afectos de anemia como enfermedad fundamental.

Obsérvese que ni siquiera se requiere ordenamiento de grupos ni orden en el suministro

de las tarjetas, ni esto que las respuestas de la maquina traen el número del expediente adjunto, por lo que podemos saber a qué paciente se refiere. Esto hace a la computadora, capaz de prestar servicio en serie a través de la comunicación teletípica a distintos hospitales, policlínicos, laboratorios, etc., con sólo añadir al número de expediente las siglas particulares de cada centro.

Otra de las ventajas de este método (con posteriores perfeccionamientos) sería la utilización del mismo para la minimización del número de análisis indicados, ya que la computadora pide los estrictamente necesarios para cada paciente, reduciendo así el costo y la estadía de los hospitalizados.

En este programa, las cifras de laboratorio que se dan como patrón para la clasificación y diagnóstico fueron tomadas empíricamente de la literatura médica consultada,<sup>1,2,7</sup> pues establecer los valores límites de normalidad que de acuerdo a la estadística deben emplearse, carece de interés para los objetivos de este trabajo, el cual pretende únicamente mostrar un posible método de aproximarse a un diagnóstico mediante las máquinas. Estos valores pueden ser modificados sin dificultad en caso de cualquier aplicación concreta del programa, y ajustados convenientemente a cualquier población o región donde se hayan establecido con precisión las cifras hematológicas límites de normalidad.

En los próximos trabajos se hará un programa más completo y ajustado a la práctica donde se integren todos los complementarios de uso común y algunos datos clínicos de interés; además, así podrá la computadora dar varios diagnósticos en orden de probabilidad, y evitará los errores que acarrea el concebir un solo diagnóstico para un paciente, y más aún, de una forma tan tajante como se hace en este diagrama.

*Codificación poríron II :4''*

c Lectura de datos, y declaración de e variables; las numéricas terminan c en (V) u (0), y las lógicas en (L) c o IP)

INTEGRS PLAQV, LEUCOV, EXPEV

LOGICAL FEL, RETICL, PLAQL

C00MBL, FRAGIL, FALCIL, MEDUL,  
1TESTL, C00MBP, FALCIP, RLASTP,  
TESTP, COLORL

1 RF.AD (N,2) FEL, RETICL,  
PLAQL. C00MBL. FRAGIL,

FALCIL,

1MEDUL, TESTE, C00MBP, FALCIP,  
BLASTP, TESTP. COLORL, FEV,  
1RETICV, PLAQV, FRAGV, HBV, HTOV,  
CONTE0, LEUCOV, EXPEV IF (EXPEV)

35, 35, 10

35 STOP

c En la próxima instrucción se calcula c la C.H.C.M.

10 1F (HBV/HTOV.GE.O.30) G0 T0 12 1F  
(FEL) G0 T0 11

WRITE (M,3)

G0 T0 50

11 IF (FEV.LT.40.0) G0 T0 200 G0 T0  
201

c Las instrucciones anteriores estudian c la anemia como microcítica hipocrómica, se pidió un hierro sérico.

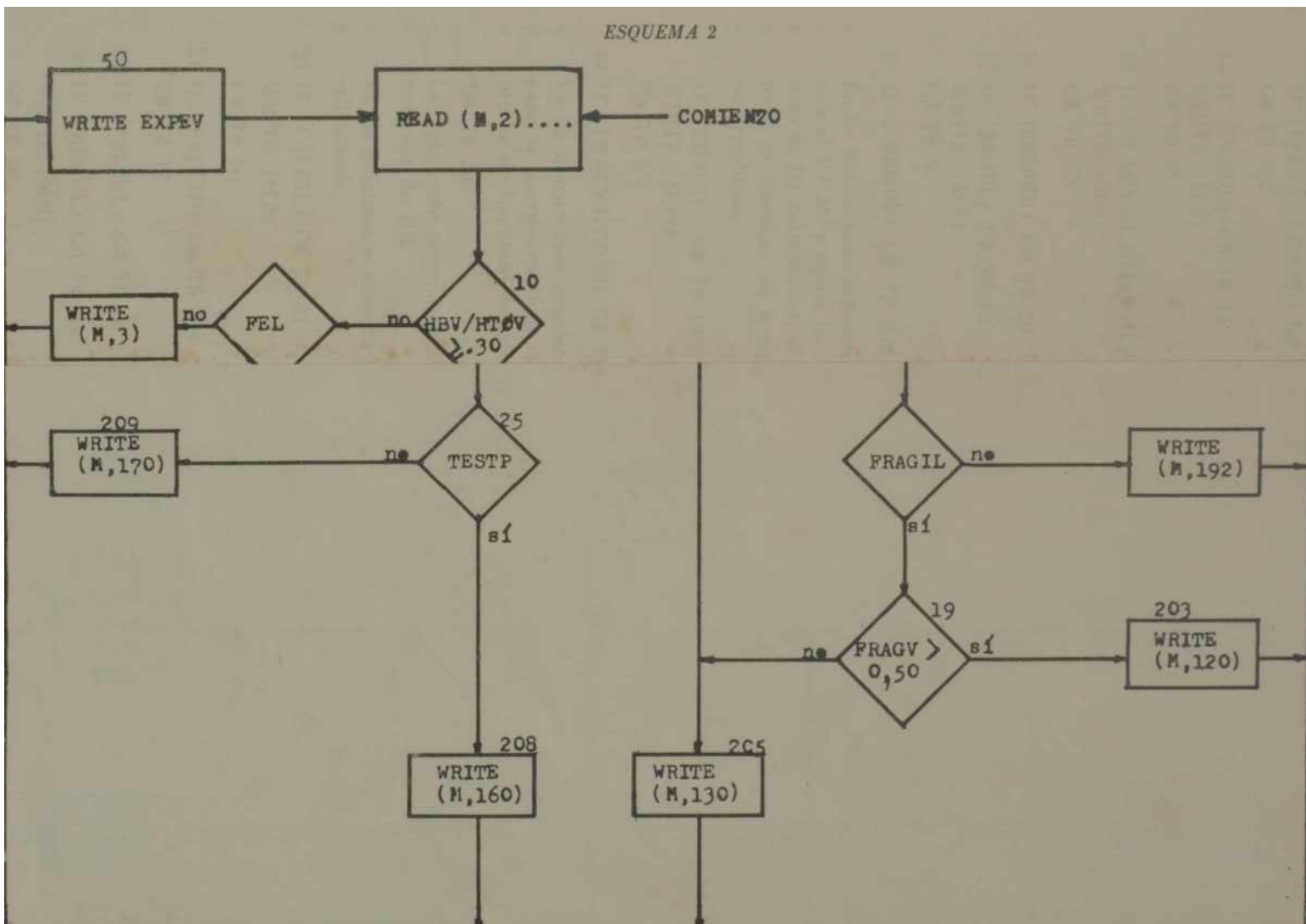
c Obsérvese que siempre es necesario c comprobar si el examen está hecho c antes de solicitarlo.

12 IF (HTOV/CONTE0.GT.0.94) G0 T0

IF (RETICL) G0 T0 13 WRITE (M,4)

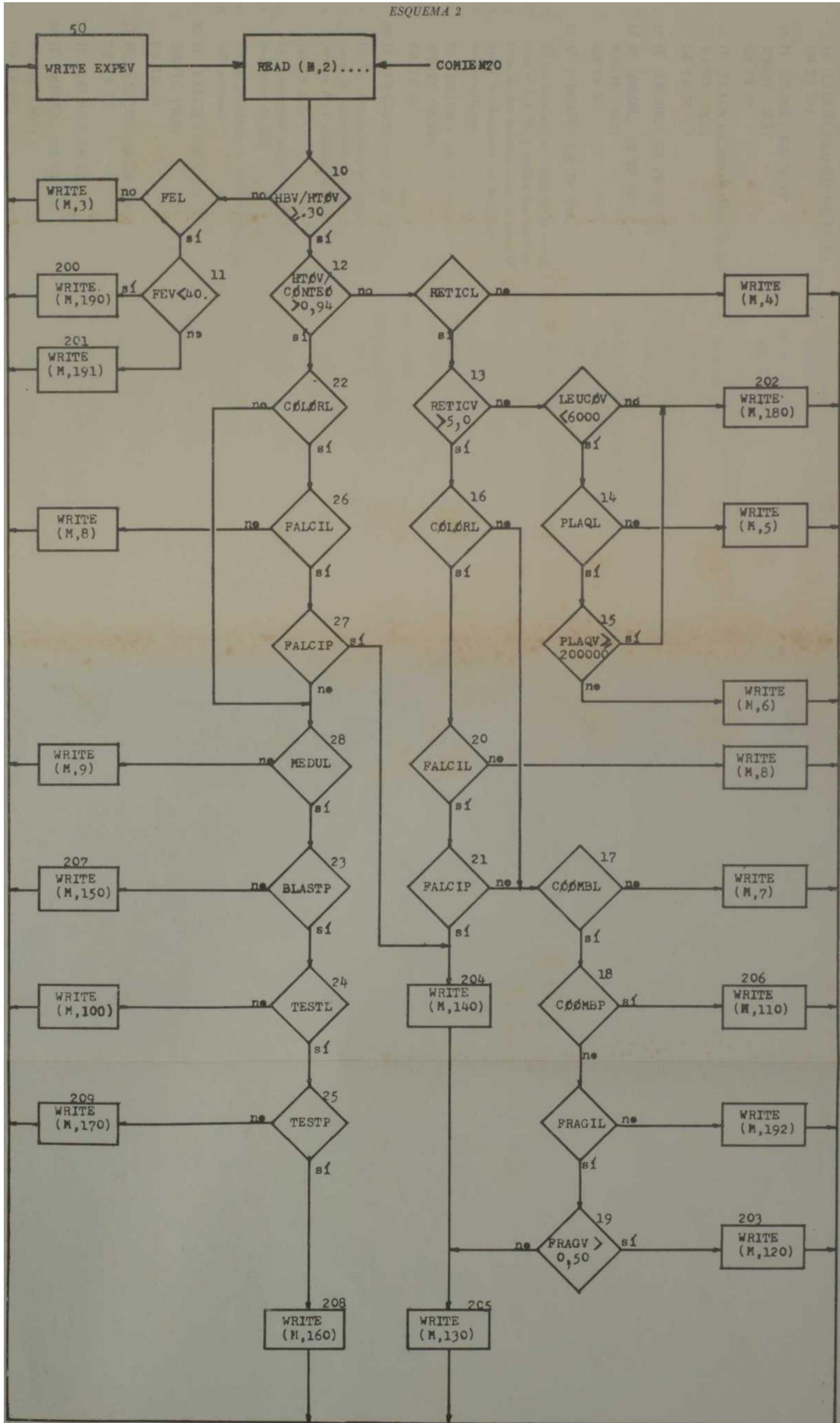
G0 T0 50

ESQUEMA 2





ESQUEMA 2



13 IF (RETICV.GT.5.0) 00 T0 16 IF  
 ÍLEUCOV.LT.6iXX) G0 T0 14 G0 T0 202

14 IF (PLAQL) G0 T0 15 WRITE (M,5)  
 00 T0 50

15 IF i PLAQV.CE.200000) G0 T0 202 WRITE  
 (M.6)  
 G0 T0 50

16 IF (COLORL) 00 T0 20

17 IF (00MBL) G0 T0 18 WRITE (M,7)  
 G0 T0 50

18 IF (C00MBP) G0 T0 206

c En las instrucciones anteriores se cal-  
 c cula el V.C.M. y separa las macrocí-  
 c c ticas de las normocíticas, y estas íl-  
 c c timas se clasifican en hemolíticas y  
 c c no hemolíticas.

IF (FRAGIL) 00 T0 19  
 WRITE (M,192)  
 00 T0 50

19 IF (FRAGV.GT.0.50 ) 00 T0 203

c En las instrucciones anteriores se para la  
 microesferocitosis, pidiendo c prueba de  
 fragilidad osmótica.

00 T0 205 c La instrucción anterior  
 ordena electroforesis de HB.

c En las próximas se descarta la sickle c cell  
 anemia.

20 IF (FALCIL) 00 T0 21 WRITE (M,8)  
 00 T0 50

21 IF (FALCIP) 00 T0 204 00 T0 17

22 IF (COLORL) G0 T0 26

28 IF (MEDUL) G0 T0 23 WRITE (M,9)  
 G0 T0 50

c Con la siguiente instrucción las ane- c mias  
 niacrocíticas se dividen en megaloblásticas y no  
 megaloblásticas.

23 IF (BLASP) 00 T0 24 00  
 T0 207

24 IF (TESTL) 00 T0 25  
 WRITE (M,100)  
 00 T0 50

25 IF (TESTP) 00 T0 208 G0  
 T0 209

26 IF (FALCIL) 00 T0 27  
 WRITE (M,8)  
 00 T0 50

27 IF (FALCIP) G0 T0 204  
 00 T0 28

206 WRITE (M,110)  
 00 T0 50

203 WRITE (M,120)  
 G0 T0 50

204 WRITE (M,140)

205 WRITE (M,130)  
 G0 T0 50

207 WRITE (M,150)  
 00 T0 50

208 WRITE (M,160)  
 G0 T0 50

209 VI'RITE (M.170)  
 G0 T0 50

202 WRITE (M.180)  
 00 T0 50

200 WRITE (M,190)  
 00 T0 50

201 WRITE (M,191)

c La siguiente instrucción imprime el  
 expediente.

50 WRITE (M.102) EXPEV  
 0 T0 1  
 2 FORMAT (13L1,2F5.2,I7,4F5.2,2I7)

c Agrupación de los FORMAT de escritura.

102 FOR.MAT (2X,I6/// I

3 FORMAT ('MICROCÍTICA HIPO-  
 CRÓMICA, HACER HIERRO SÉRICO')

1 FORMAT ('NORMOCÍTICA, HACER  
 CONTEO DE RETICULOCI-  
 TOS')

5 FORMAT {'HACER COMEO DE  
 PLAQUETAS'}

6 FORMAT ('ANEMIA APLÁSTICA,  
 HACER MEDI LOGRAMA')

7 FORMAT ('HACER PRUEBA DE  
 COOMBS')

8 FORMAT ('HACER PRUEBA 1)E  
 HUCK')

9 FORMAT ('ANEMIA MACROCÍT1- ( A.  
 485

HACER MEDI LOGRAMA')  
100 FORMAT ('ANEMIA MEGALO-  
BLÁSTICA, HACER TEST DE  
SHILLING')  
110 FORMAT ('ANEMIA AUTOINMU-  
NE')  
120 FORMAT ('MICROESFEROCITO-  
SIS')  
130 FORMAT ('HACER ELECTROFO-  
RESIS  
DE HB')  
110 FORMAT ('SICKLE CELL ANEMIA  
HEMOLÍTICA')  
150 FORMAT ('MACROCÍTICA NO MEGA.  
ENFERMEDAD GENERAL')  
160 FORMAT ('ANEMIA PERNICIOSA')  
170 FORMAT ('MEGALOBLÁSTICA,  
PARÁSITOS O MALABSORCION')

180 FORMAT ('NORMOCÍTICA, TÓXICA O  
INFECCIOSA')  
190 FORMAT ('ANEMIA FERRIPRIVA')  
191 FORMAT ('TALASEMÍA')  
192 FORMAT ('HACER PRUEBA DE  
FRAGILIDAD OSMÓTICA')  
END

*Agradecimiento*

Al profesor *Guillermo Sánchez*, por ser nuestro maestro y guía en computación, y por sus críticas y sugerencias de inestimable valor.

A nuestro compañero *Ricardo Cassvan* por sugerir el tema de las anemias como útil para nuestros propósitos.

CUADRO DE RECOLECCION DE DATOS

Lista de datos	Variables log: marcar con (V) si ex. Hecho. Marcar con (F) si ex. no hecho		Variables log: marcar con (V) si dato (+). Marcar con (F) si dato (-)		Resultados numéricos. Anotar cifras.		Instrucciones
1 Hierro sérico	FEL				FEV"		Los datos con comillas, no son indispensables.
2 Conteo de reticulositos	RETICL				RETICV"		
3 Conteo de plaquetas	PLAQL				PLAQV"		
4 Prueba de coombs	CØØMBL		CØØMBP				
5 Fragilidad osmótica	FRAGIL				FRAGV"		
6 Prueba de Huck	FALCIL		FALCIP				
7 Medulograma	MEDUL		BLASTP				
8 Test de Shilling	TESTL		TESTP				
9 Negro o mulato			CØLØRL				
10 Hemoglobina					HBV		Datos indispensables. En "conteo" sólo anotar sus dos primeras cifras.
11 Hematócrito					HTØV		
12 Conteo de hematíes					CØNTEØ		
13 Conteo de leucocitos					LEUCØV		
14 Número de expediente					EXPEV		

## SUMMARY

Oliver- Vidaud, R. et al. *Anemia diagnosis performed by Computer*. Rev Cub Med 13: 5, 19<4.

A codified FORTRAN IV programs through which a Computer, making use of complementan' tests, carries out the study of anemia and gives the final diagnosis without human intervention in the interpretation of results obtained is presented. In addition, it has been attained that the machine asks for different tests when they are needed, as the diagnosis is being reached.

## RESUME

Oliver Vidaud. R. et al. *Diagnostic d'anémies par calculateurs*. Rcv Cub Med 13: 5, 1974.

La programme codifié en Fortran 1 V permettant que le calculateur fasse l'étude d'une anémie, en employant les examens complémentaires et aboutissant à un diagnostic définitif sans qu'il y ait besoin de la participation de l'homme dans l'interprétation des résultats. Egalement, cet appareil demande les différents examens lorsqu'ils sont nécessaires au fur et à mesure afin de donner le diagnostic.

## PE3KME

OjiiBep P., h ap. nocTanoBKa jmarH03a aHeMmi npH üomoiuh BHMHCjmTejit- H02 MarnHHH. Rev Cub Med 13: 5, 1974.

ИрeсТaBjineTCH nporpaMтiа, KопiiпoBaHHaH npn homoiuh ÍOPTPAH iy. 3to2 nporpaMMofi MH joOhjihcb Toro, ^toóh BH'iicJiMTejiBHaH Manuma npoBejia **F3yqeHas** aaemin c noMomo nonojiHHTejiLHHX ocmoтпob a npmuia **K3aKJiio- ■** iHTejiBHONW jmarHocy <5e3 yiaчilh MejiOBeKa b iicTOJKOBaHira пe3y.iBTaTOB KpoMs Toro, caMa MamHHa 3anпam;iBaJia пa3JurMue anajin3u, Kor.ua ohz 2ejiaJinc& Heotixoja©WKH no Mepe npHfiJUDKеHEtH k ycTaHOBjieüiiK) jmarH03a.

## BIBLIOGRAFIA

1. —*Cecil-Loeb*, Tratado de Medicina Interna Vol 2: págs. 1058 1 080, 995, edición R.
2. —*Winirohe, M. M.* Hematología Clínica, págs. 74, 349-354, 463, 490, 527, 537.
3. —*Lecciones Complementarias de Pediatría I*. pág. 131 Universidad de La Habana.
4. —*Golden, J. T.* Programación y Cálculo FORTRAN IV edición R.
5. —*McCracken, D.* Métodos numéricos y pro págs. 90-112 CECSA; México.
6. —*Kemeny, J. G., Snell, J. L., Thompsom, G. L.* Introducción a las Matemáticas Finitas, edición de Ciencia y Técnica, laboratorio clínico.
7. —*Monte, J. F.* ~~Introducción a la programación en Fortran~~ edición de Ciencia y Técnica, laboratorio clínico.