

PATRONES DE FLUJO NORMAL EN EL CORAZON DEL NIÑO MEDIANTE ECOCARDIOGRAFIA DOPPLER

HOSPITAL PEDIATRICO DOCENTE "WILLIAM SOLER"

Dr. Oscar Arista-Salado Martínez*, Dr. Ramón Casanova Arzola** y Dr. Anarés Savío Benavides***

Arista-Salado Martínez, O. y otros: *Patrones de flujo normal en el corazón del niño mediante ecocardiografía Doppler.*

Se presenta nuestra experiencia en el registro de los patrones de flujo normal del corazón y los grandes vasos del niño, en los diferentes lugares del corazón y se interpreta el registro gráfico a la luz de los conocimientos de la fisiología cardíaca y de los principios de la técnica Doppler. Nuestros resultados son similares a los de la literatura mundial.

INTRODUCCION

En 1842, *Cristian Johan Doppler*, describió el efecto físico que lleva su nombre.¹ Este consiste en las variaciones de frecuencia que experimenta una onda sonora cuando choca con un objeto en movimiento. En la figura 1 se observa cómo un objeto en movimiento que pita (ambulancia), es oído con un tono más alto (mayor frecuencia del sonido) si se dirige hacia el observador, y cómo este mismo sonido es oído con una menor frecuencia o tono más bajo por el observador del cual se aleja el vehículo. En 1970 *Peronneau*² y *Baker*³ introdujeron el Doppler pulsado, mediante el cual se podía estudiar la velocidad de un pequeño grupo de células. Esto permitió acoplar el efecto Doppler a los equipos de ecocardiografía bidimensional y situar la señal Doppler conocida en cualquier lugar del corazón y los grandes vasos.⁴⁻⁷

Mediante el Doppler pulsado podemos estudiar las características del flujo sanguíneo, el sentido del flujo en relación con la señal acústica y el momento del ciclo cardíaco en que se produce el flujo mediante el electrocardiograma. El haz Doppler capta el movimiento de los eritrocitos que cruzan su vecindad, y este movimiento produce un cambio en la frecuencia de la señal Doppler que es proporcional a la velocidad de los eritrocitos. Si el flujo sanguíneo se dirige hacia la señal Doppler, ésta se representa hacia arriba de la línea 0 en una gráfica en papel donde cada punto representa un promedio de señales que se reciben en una pequeñísima unidad de tiempo. Si el flujo se aleja de la señal, el punteado de señales promedio se inscribirá hacia abajo de la línea 0 de referencia (figura 2).

La señal Doppler, a diferencia de la señal ecocardiográfica, sólo produce su efecto si la incidencia del haz ultrasónico es lo más paralelo posible al flujo sanguíneo; si el

* Especialista de II Grado en Cardiología.

** Doctor en Ciencias. Profesor Titular de Pediatría.

*** Candidato a Doctor en Ciencias. Profesor Titular de Pediatría.



Figura 1.

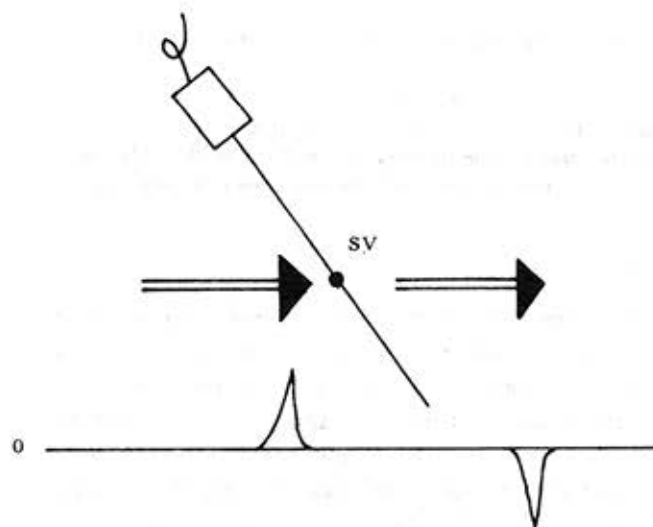


Figura 2.

velocidad en un lapso cualquiera del ciclo cardíaco y de este modo se obtiene una serie coherente de puntos que generan una curva normal de velocidad. Esto producirá un sonido de tono alto de frecuencias similares, que indican la ausencia de turbulencias. Cuando se producen alteraciones en el calibre de un vaso o alteraciones en un orificio valvular, esto genera un aumento en la velocidad de los eritrocitos, los cuales se desplazan simultáneamente en direcciones totalmente irregulares y desordenadas con diferentes velocidades. Por lo tanto, el patrón de frecuencia que se registra muestra una notable dispersión y la señal acústica registra un sonido rasposo de frecuencias desiguales que pone de manifiesto la turbulencia en el flujo sanguíneo.⁷⁻⁹ La figura 3 es la representación esquemática de un flujo laminar y un flujo turbulento. Se observa la regularidad del punteado en la gráfica espectral de un flujo laminar y la irregularidad del mismo en el registro de un flujo turbulento, producido por la estenosis de un vaso sanguíneo.

Los equipos modernos nos muestran una gráfica donde en la parte superior se registra el ecograma en modo M con la señal de volumen del Doppler (doble línea continua) situada en el lugar que deseamos registrar; en la parte media, el registro espectral del Doppler; y en la parte inferior el registro de una derivación electrocardiográfica.^{11, 12}

haz Doppler es perpendicular a la corriente eritrocítica no se producirá efecto Doppler, y no obtendremos ni señal gráfica ni señal acústica, ya que el efecto Doppler es audible. El haz Doppler se transmite a manera de un haz que penetra tras las diversas capas. Sin embargo, el objetivo es el muestreo del flujo sanguíneo en una pequeña área seleccionada, lo cual se logra por el rechazo electrónico de todas las señales, excepto en un área de $2 \times 4 \text{ mm}$ que podemos seleccionar en cualquier punto del trayecto del haz (discriminación selectiva).⁸

Las señales de retorno del Doppler que registramos en papel y que también oímos, tienen una característica importante. En circunstancias normales, casi todos los eritrocitos en un sitio dado se desplazan con la misma

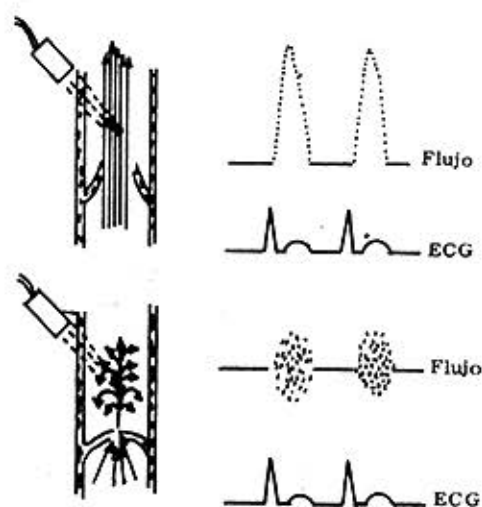


Figura 3.

lugares del corazón y los grandes vasos con los patrones informados por la literatura. De cada uno de los diferentes lugares del corazón y los grandes vasos mostramos un ejemplo característico.

Nuestro estudio fue realizado con un ecocardiógrafo bidimensional SSH-10-A con unidad Doppler SSD-10-A con 2,4 kHz de la Toshiba. Se utilizó el filtro de 400 kHz y se obtuvo registro espectral en papel de modo M a una velocidad de 50 mm/seg y derivación D2 ECG.

La realización del ecocardiograma fue la convencional y la señal de volumen del Doppler fue situada en los siguientes lugares: orificio mitral y orificio tricuspideo en vista apexiana de 4 cavidades, *tractus* de salida de VI en eje largo paraesternal, orificio valvular aórtico en eje largo paraesternal, *tractus* de entrada de ventrículo derecho en 4 cavidades por el ápex, *tractus* de salida del ventrículo derecho en eje corto paraesternal, tronco de arteria pulmonar en eje corto paraesternal y aorta ascendente por vía supraesternal, además de la exploración de todo el lado derecho del tabique interventricular e interauricular sistemáticamente y de la rama derecha de la arteria pulmonar por vía supraesternal en eje corto.

Las condiciones que se requieren para un buen registro Doppler son, una excelente imagen bidimensional del sitio que deseamos explorar, colocando la señal del volumen del Doppler en un sitio lo más paralelo posible al flujo sanguíneo, guiándonos por una mejoría de la señal acústica. En la niñez, el filtro se recomienda de 400 kHz y se debe mantener un nivel de registro de entrada de la señal en los menos 20 decibeles (encendida la escala amarilla).

RESULTADOS

El flujo mitral es diastólico, de ahí que con la señal Doppler situada en orificio mitral registramos una doble onda de flujo hacia la señal. El flujo inicial registrado en la diástoles temprana está relacionado con el período de llene rápido ventricular izquierdo

El objetivo de este trabajo consiste, después de haber realizado en nuestro servicio un total de 2 500 ecocardiogramas con técnica Doppler pulsado, en divulgar los conocimientos básicos sobre este tema para los que se inician en la utilización de esta moderna, útil y no invasiva técnica cardiológica, y mostrar los resultados que se obtienen en niños normales con los equipos que cuenta nuestro país.

MATERIAL Y METODO

Para nuestro trabajo utilizamos los registros Doppler de los pacientes normales menores de 15 años estudiados en nuestro servicio en un lapso de 2 años. Estudiamos 500 registros normales y comparamos los patrones de los distintos

y el flujo registrado en la telediástoles está relacionado con el flujo que inyecta la aurícula izquierda en el ventrículo izquierdo en la presístoles y, como se puede observar, se registra después de la onda P del electrocardiograma; esta segunda onda de flujo es siempre menor y desaparece cuando hay fibrilación auricular. Durante la sístoles, la válvula está cerrada y no se registra flujo, sólo registramos un sonido metálico que se inscribe como una pequeña negatividad inicial relacionada con el cierre de la válvula mitral, al final del QRS (figura 4).

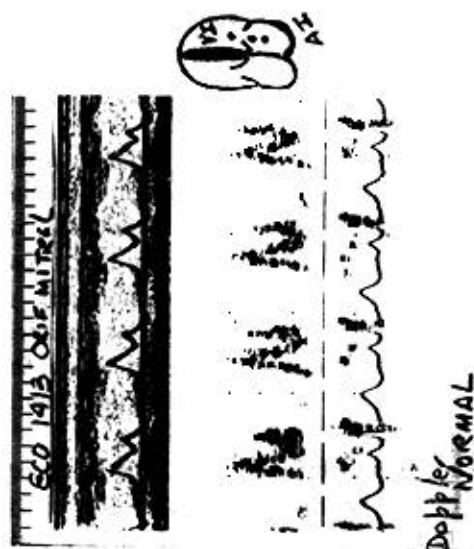


Figura 4. Registro espectral del Doppler en el orificio mitral (4 cavidades).

Con la señal de volumen situada a este nivel, se registra un flujo sistólico de sangre que se aleja de la señal Doppler y que, por lo tanto, se inscribe negativo. Lo anterior se produce porque al abrirse las sigmoideas aórticas con la sístoles ventricular, la sangre sale expelida hacia la aorta ascendente (figura 6).

A este nivel se registra un patrón de flujo que se caracteriza por un flujo predominantemente diastólico por el llenado ventricular, y se registra un flujo diastólico positivo.

Además, aparece en la sístoles un pequeño flujo positivo, ya que una pequeña parte del volumen sanguíneo ventricular se desplaza hacia la señal de volumen. Es importante señalar que este flujo sistólico siempre es mucho menor que el flujo diastólico positivo (figura 7).

El flujo tricuspídeo es muy similar al mitral, pero con la diferencia de que el flujo tricuspídeo es de menor velocidad en la diástoles inicial debido al menor gradiente que existe entre la aurícula y el ventrículo derechos, pero no disminuye antes de la contracción auricular. Es importante señalar que el flujo diastólico tricuspídeo aumenta con la inspiración profunda por la mayor afluencia de sangre al corazón derecho (figura 5).

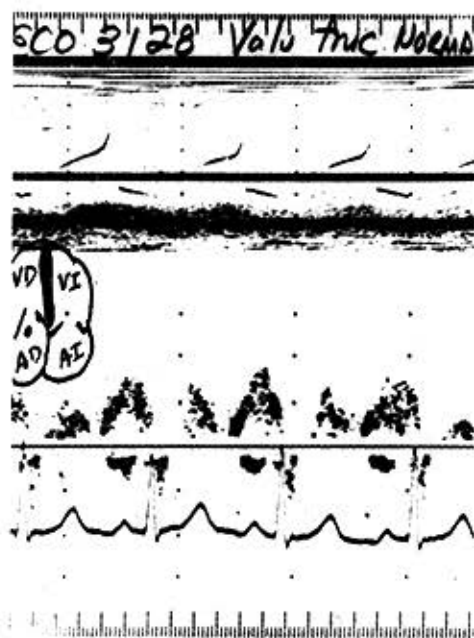


Figura 5. Registro espectral del Doppler en el orificio tricuspídeo (4 cavidades).



Figura 6. Registro espectral del Doppler en el tractus de salida del ventrículo izquierdo (eje largo paraesternal y válvula aórtica).

Cuando situamos la señal Doppler dentro de la arteria pulmonar por encima de la válvula y alejada de ambas paredes, registramos un flujo uniforme sistólico negativo, ya que el flujo sanguíneo se aleja por ambas ramas de la pulmonar. En la parte inicial de la diástoles, se registra un pequeño flujo diastólico positivo relacionado con la sangre que tiende a retornar hacia la válvula pulmonar que está cerrada. Este flujo sistólico nunca rebasa el inicio de la protodiástoles. Otro patrón normal que podemos observar, aunque con menor frecuencia, es el de un flujo sistólico positivo-negativo, dado que parte de la sangre se acerca y se aleja del Doppler (figura 9).

Con la señal colocada en la aorta ascendente por vía supraesternal obtenemos un flujo sistólico positivo, pues al producirse la sístoles, la sangre se dirige hacia la señal Doppler. En la diástoles inicial se registra normalmente un pequeño flujo diastólico positivo, debido al reflujo sanguíneo que se produce por los vasos supraórticos y que se dirige hacia la señal Doppler. En ocasiones, se puede obtener normalmente un flujo diastólico negativo en el inicio de la diástoles, debido a la sangre que tiende a retornar hacia la válvula aórtica inmediatamente después que ésta se cierra. Esto no debe ser confundido con una insuficiencia aórtica ligera (figura 10).

A este nivel, durante la sístoles se registra un flujo sistólico negativo, pues al abrirse las sigmoides pulmonares la sangre se aleja de la señal del Doppler hacia el tronco de la arteria pulmonar. Generalmente no registramos un flujo sistólico positivo, ya que el flujo que proviene del ventrículo derecho medio es muy perpendicular a la señal Doppler. En algunas ocasiones, podemos encontrar en casos normales un flujo sistólico positivo. En la diástoles se registra un flujo positivo de la sangre de llenado ventricular que va hacia la señal Doppler. También es frecuente observar un flujo diastólico negativo, pues la sangre tiende a regresar hacia el cuerpo del ventrículo derecho, alejándose de la señal Doppler (figura 8).

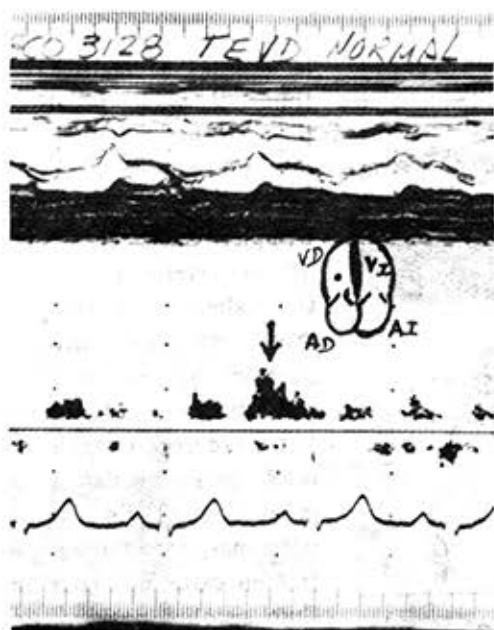


Figura 7. Registro espectral del Doppler en el tractus de entrada del ventrículo derecho en vista de 4 cavidades por el ápex.

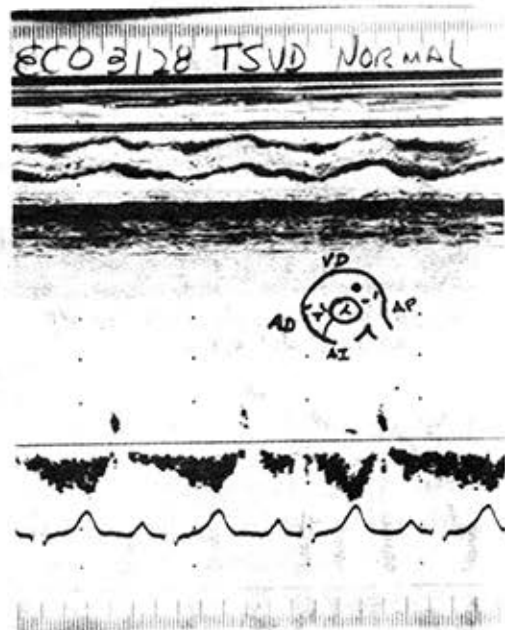


Figura 8. Registro espectral del Doppler en el tractus de salida del ventrículo derecho en eje corto paraesternal.

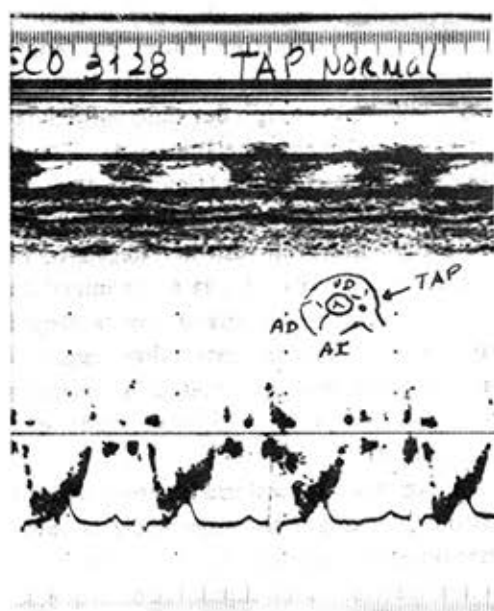


Figura 9. Registro espectral del Doppler en el tronco de la arteria pulmonar en eje corto paraesternal.

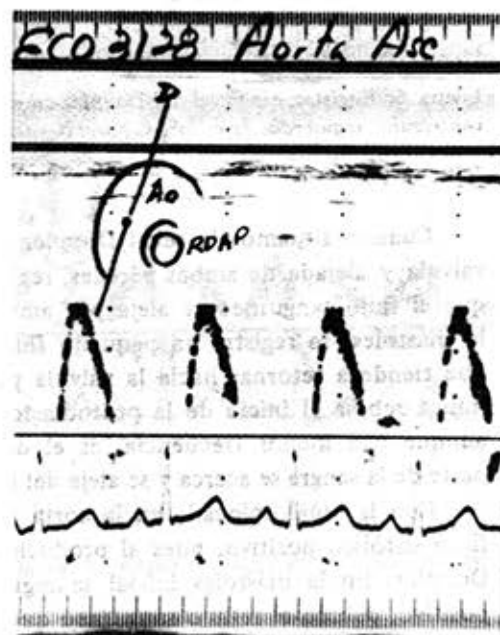


Figura 10. Registro espectral del Doppler en la aorta ascendente por vía supraesternal.

Cuando situamos la señal en la aorta descendente, registramos un flujo sistólico negativo de la sangre que se aleja hacia la aorta toracoabdominal. El flujo sanguíneo que se dirige hacia la señal Doppler en la sístoles no se registra, por ser perpendicular a la señal Doppler.

COMENTARIOS

La combinación de la ecocardiografía bidimensional con el registro gráfico y auditivo del flujo sanguíneo mediante la aplicación del Doppler pulsado, ha resultado de un enorme valor como complemento diagnóstico.^{1, 6, 10} Es precisamente el registro Doppler de los flujos sanguíneos quien nos orienta en corazones estructuralmente normales o confirma alteraciones anatómicas del corazón que provocan turbulencia (valvulopatías y cortocircuitos). En muchos casos, el único examen positivo es el registro Doppler, cuando el ecocardiograma bidimensional es normal, o no se han visualizado defectos existentes, incluso en pacientes que no presentan soplos audibles al examen físico del área precordial, o están catalogados como soplos "inocentes".

Los resultados encontrados en nuestros pacientes, coinciden con los de la literatura mundial actual,^{1, 9-11} en relación con el registro cualitativo del Doppler, y están presentados y comentados en este trabajo.

Es importante señalar la necesidad del conocimiento anatomofuncional como premisa para obtener e interpretar los resultados obtenidos.

Consideramos que el registro cualitativo del Doppler, aunque es un aporte significativo, constituye un paso previo o una primera etapa que debe ser dominada, para obtener la cuantificación del flujo mediante equipos computadorizados que facilitan esta tarea y abren las perspectivas de nuevos logros en el estudio del corazón y los grandes vasos.

CONCLUSIONES

1. La combinación de la ecocardiografía bidimensional y el principio Doppler con equipos adecuados ha devenido en un complemento imprescindible en el estudio de las cardiopatías congénitas y adquiridas.
2. Es necesario la información anatómica y fisiológica para la interpretación de los resultados, así como la hemodinámica de las cardiopatías.
3. Nuestros resultados de patrones de flujo normal en el niño coinciden con lo informado en la literatura.
4. El conocimiento de los patrones normales de flujo permite el diagnóstico de las alteraciones patológicas presentes en cada paciente.

SUMMARY

Arista-Salado Martínez, O. et al.: *Normal flow patterns in a child's heart by means of Doppler echocardiography.*

Our experience in recording normal flow patterns from a child's heart and large vessels, in different heart sites, is presented. Graphic recording is interpreted under the light of heart physiology knowledge and Doppler technique principles. Our results are similar to those in the world literature.

RÉSUMÉ

Arista-Salado Martínez, O. et al.: *Patrons de flux normal dans le coeur de l'enfant au moyen de l'échocardiographie Doppler.*

On présente notre expérience dans le registre des patrons de flux normal du coeur et les grands vaisseaux de l'enfant dans les différents endroits du coeur et on interprète l'enregistrement graphique à la lumière des connaissances de la physiologie cardiaque et des principes de la technique Doppler. Nos résultats sont similaires à ceux trouvés dans la littérature mondiale.

BIBLIOGRAFIA

1. *Hatle, L.; B. A. Angelsen*: Doppler ultrasound in cardiology. Physical principles and clinical applications. Philadelphia Lea and Fetiger, 1982.
2. *Peronneau, P. et al.*: Débitmétric ultrasonore: Développement et application expérimentale. *Eur Surg Res* 1: 147-156, 1969.
3. *Baker, D. W.*: Pulsed ultrasonic Doppler blood flow sensing. *IEEE Trans* 17: 170-185, 1970.
4. *Johnson, S. L. et al.*: Doppler echocardiography. The localization of cardiac murmurs. *Circulation* 48: 810-822, 1973.
5. *Angelsen, B. A.; A. O. Brubakk*: Transcutaneous measurement of blood flow velocity in the human aorta. *Cardiovasc Res* 10: 368-379, 1976.
6. *Baker, D. W.; G. A. Rubenstein; G. S. Lorchs*: Pulsed Doppler echocardiography. Principles and applications. *Am J Med* 63: 69-90, 1977.
7. *Brubakk, A. O.; B. A. Angelsen*: Diagnosis of valvular heart disease. *Cardiovasc Res* 11: 461-469, 1977.
8. *Allen, D. H. et al.*: Diagnóstico de cardiopatías por empleo de ultrasonido. *Clin Ped Norteam* 4: 682, 1978.
9. *Stanley, J. et al.*: Pediatric and adolescent echocardiography. 2nd ed. A Handbook, 1980. Pp. 120-126.
10. *Kalmanson, D. et al.*: Noninvasive recording of mitral valve flow velocity patterns using pulsed Doppler echocardiography. Application to diagnosis and evaluation of mitral valve disease. *Br Heart J* 39: 517, 1977.
11. *Gardin, J. M. et al.*: Evaluation of blood flow velocity in the ascending aorta and main pulmonary artery of normal subjects by Doppler echocardiography. *Am Heart J* 107: 310, 1984.
12. *Griffith, J. M.; W. L. Henry*: An ultrasound system for combined cardiac imaging and Doppler blood flow measurement in man. *Circulation* 57: 925-930, 1978.

Recibido: 1 de marzo de 1985. Aprobado: 6 de junio de 1985.

Dr. *Oscar Arista-Salado Martínez*. Hospital Pediátrico Docente "William Soler". San Francisco y Perla, Boyeros, Ciudad de La Habana, Cuba.