

ZONIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL TERRITORIO DE CUBA, APLICADA A LOS RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS DEL TABACO NEGRO CON EL USO DE S.I.G.

Rosaura R. Hoyos González⁽¹⁾, Teresita de J. Gutiérrez Gárciga⁽²⁾ y Marlene Peñate Fernández⁽³⁾
Centro de Meteorología Agrícola, Instituto de Meteorología, CITMA
Ingeniera Agrónoma, Máster en Ciencias Meteorológicas⁽¹⁾, Lic. en Matemática⁽²⁾ y Téc. Medio en Meteorología⁽³⁾
Apdo. 17032, C.P. 11700, Habana 17, Ciudad de La Habana, Cuba
Teléfono: (537) 867-0714 y (537)867-0721 al 24, ext. 620
Teléfono Part.: 794-6558 E-mail: rosaura.hoyos@insmet.cu

RESUMEN

Se establecieron nuevos índices agroclimáticos de productividad para el tabaco negro, utilizando para ello los datos climáticos de 809 estaciones seleccionadas convenientemente de las redes del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y del Instituto de Meteorología de Cuba en el período 1961 – 2005, en una escala adecuada para fines exploratorios a nivel nacional y los datos de rendimientos medios anuales de estos cultivos durante el período 1975 - 2005. Para el tratamiento estadístico se utilizó el paquete de programas STATISTICA. El EXCEL sirvió de base para los diferentes cálculos, a través del diseño de los algoritmos en hojas electrónicas, y con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica se representaron espacialmente los rendimientos de ambos tipos de cultivos, llevándose a cabo la zonificación, con la cual el territorio de Cuba quedó dividido en 6 zonas. Se confeccionaron además, mapas de distribución territorial de la precipitación máxima posible (75% de probabilidad), correspondientes a los períodos enero – marzo y diciembre – febrero, y la temperatura mínima media del aire del período enero – febrero. Los resultados obtenidos aportan una valiosa herramienta para la evaluación de las condiciones agrometeorológicas

de formación de la cosecha y para la toma de decisiones estratégicas en la ampliación y redistribución de las áreas dedicadas a estos cultivos, lo cual redundará en la elevación de la productividad, a partir de una mejor utilización de los recursos climáticos del país.

Introducción

La actividad tabacalera continúa siendo en la actualidad uno de los renglones de mayor aporte a la economía nacional, principalmente como fuente de divisas convertibles. El tabaco es el único cultivo agrícola en Cuba, donde en los últimos años ha predominado el sector cooperativo y campesino, con más de un 90% de la producción total; incrementándose el área de siembra hasta aproximadamente 67 000 hectáreas, diseminadas por todo el territorio nacional. Actualmente se siembran diferentes tipos de tabaco: Negro, Virginia y Burley, siendo el negro en sus diferentes modalidades

(Tapado - producción de capas, Sol ensartado - producción de capotes y tripas para puros y Sol en palo - producción de tripas para puros y cigarrería) el que le ha dado fama mundial al tabaco cubano (Díaz y Trémols, 1997).

Las principales zonas productoras de tabaco negro en Cuba son: Vuelta Abajo, Partido, Vuelta Arriba, Semivuelta y Oriental. Exclusivamente en Vuelta Abajo y Partido se obtienen las tradicionales calidades de hojas que permiten la producción de grandes marcas de torcido. No obstante, en la última década se han ido ampliando, de forma escalonada, pequeña áreas de cultivo en la casi totalidad del país, incluyendo el municipio especial Isla de la Juventud.

El crecimiento y el desarrollo, el rendimiento y la calidad de las cosechas dependen básicamente, de las condiciones suelo – tiempo atmosférico, de la variedad y del nivel de la agrotecnia. No obstante, las fluctuaciones más significativas (con una agrotecnia estable) que de un año a otro sufre la producción agrícola están condicionadas por los cambios correspondientes de las condiciones atmosféricas, y el tabaco no es una excepción (Kogan, 1977).

La cosecha es un producto complejo de la acción conjunta de factores naturales y económicos. En ésta se reflejan las particularidades biológicas de las plantas, del tiempo atmosférico, el clima, el suelo, las labores fitotécnicas, etc. En dependencia de las variaciones de cada uno de estos factores y de su combinación, la cosecha puede ser sustancialmente diferente. Bajo las mismas condiciones del clima y del tiempo atmosférico, los índices cuantitativos y cualitativos de la cosecha varían ampliamente. Sin embargo, la consideración de las condiciones climáticas presenta importancia en la distribución geográfica de las plantas y en la determinación de la especialización de las regiones de acuerdo a la producción vegetal. Esto está condicionado en primer lugar porque el clima influye en las plantas no sólo directamente, sino que ejerce influencia, además, en la formación del suelo y en los procesos microbiológicos, favorece o afecta la propagación de las plagas y las enfermedades, y en segundo lugar, porque el clima puede ser influido artificialmente en menor grado que otros factores del medio que tienen significado biológico.

Núñez et al. (1997) evaluaron cómo influye la variación estacional de la precipitación y su error en el rendimiento final de la cosecha de trigo; estableciendo un modelo de regresión múltiple que muestra la dependencia entre el rendimiento de este cultivo y las precipitaciones acumuladas en períodos quincenales, acordes con las etapas fenológicas del trigo en la campaña sur de Extremadura. Estos autores concluyeron que las precipitaciones del período noviembre - febrero explican casi todo el rendimiento previsto en el modelo.

Según Cinitzina (1973), una de las tareas fundamentales de la agroclimatología es la revelación de las regularidades climáticas en el territorio objeto de estudio, con el fin de racionalizar la utilización de los recursos ambientales.

Palenzuela et al. (1991) determinaron que en Cuba las variables que mayor influencia ejercen sobre los rendimientos agrícolas del tabaco negro de sol y tapado son las temperaturas mínimas medias del aire del período enero-febrero (TN I-II) y las lluvias de los períodos enero-febrero y diciembre-marzo, respectivamente. Partiendo de los índices agroclimáticos de productividad fundamentales del cultivo de tabaco negro, estos mismos autores (Palenzuela et al., 1992) llevaron a cabo una primera versión de zonificación agroclimática del territorio de Cuba, aplicada a los rendimientos agrícolas de este tipo de cultivo.

El objetivo del trabajo fue mejorar la versión de zonificación, utilizando una data más amplia de rendimientos medios anuales de estos tipos de cultivo. Se duplicó el número de estaciones pluviométricas empleadas en todo el territorio nacional, haciendo uso además, de los Sistemas de Información Geográfica para la representación espacial de los rendimientos de ambos cultivos. Estos resultados aportan una valiosa herramienta para la evaluación de las condiciones agrometeorológicas de formación de la cosecha y para la toma de decisiones estratégicas en la ampliación y redistribución de las áreas dedicadas a estos cultivos, lo cual redundará en la elevación de la productividad, a partir de una mejor utilización de los recursos climáticos del país.

Materiales y Métodos

La información histórica de las variables climáticas necesarias para este estudio fue tomada de la base de datos del Centro del Clima del Instituto de Meteorología. Todas las series de datos fueron tratadas con un riguroso control de calidad, organizándose en períodos de diez días y también por meses para el período poco lluvioso. La información meteorológica utilizada en este estudio correspondió al período 1975-2005.

Las variables climáticas empleadas en este estudio fueron: las temperaturas máxima, media y mínima del aire, la amplitud media de temperaturas extremas, la humedad relativa media del aire, insolación media, viento medio, nubosidad y precipitación.

En el caso de la precipitación, se utilizó la información histórica de 809 estaciones seleccionadas convenientemente de las redes administradas por el Centro Nacional de Hidrología y Calidad de las Aguas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y por el Centro del Clima del Instituto de Meteorología.

Se utilizó además la información pluviométrica del período 1961 – 2000 empleada por Solano et al. (2002) en el “Atlas agrometeorológico de disponibilidades hídricas para una agricultura de secano”. Las series de lluvia fueron homogeneizadas temporalmente y tratadas con un riguroso control de la calidad, organizándose también en períodos temporales de 10 días y por meses para el período poco lluvioso en el período 1961-2005.

Los datos faltantes se completaron con los reportes de estos mismos pluviómetros existentes en los archivos del Centro del Clima (fundamentalmente centrales azucareros, estaciones y otras localidades de regiones agrícolas importantes); mediante el empleo de métodos de análisis de varianza simple con efecto fijo y prueba de comparación múltiple de medias de Turkey al nivel de confianza de 95 % para agrupar las series pluviométricas de diferentes estaciones, según el comportamiento de los acumulados medios en los períodos lluvioso y poco lluvioso, utilizando la información real del pluviómetro más cercano perteneciente al mismo grupo del pluviómetro cuya información se requiere recuperar y que presente condiciones semejantes de exposición mediante la utilización de criterios de experto.

Fueron utilizados los rendimientos medios anuales del período 1972 - 2000, de los cultivos negro de sol y tapado en el sector campesino de la provincia Pinar del Río, que es el que mayor peso tiene en la producción. Aplicando el método de los mínimos cuadrados, se determinó la componente estable de la serie de rendimientos $Y = f(t)$, donde Y es el rendimiento en $kg\ ha^{-1}$ y t es el tiempo en años, comenzando por uno en el primer año de la serie. Las ecuaciones lineales obtenidas expresan las tendencias de los rendimientos relacionadas con las variaciones de la agrotecnia (Obujov, 1949). Las magnitudes de las componentes aleatorias ΔY se obtuvieron excluyendo de las magnitudes de los rendimientos, aquellas partes que están determinadas por la componente estable. Las componentes

aleatorias representan las anomalías de los rendimientos y dependen en alto grado de las condiciones del tiempo atmosférico (Kogan, 1974 y 1977). Posteriormente se correlacionaron los rendimientos provinciales de cada uno de estos tipos de tabaco negro, después de la exclusión de la tendencia ΔY , o sea, las componentes aleatorias, con los valores mensuales y por décadas (10 días) de las variables meteorológicas durante el período vegetativo. Se obtuvieron los índices agroclimáticos fundamentales para estos tipos de cultivo, a partir de los cuales es posible valorar cuantitativamente los rendimientos agrícolas de los cultivos de referencia y que apenas experimentaron variación con los obtenidos por Palenzuela et al. 1992.

Para el tratamiento estadístico se utilizó el paquete de programas STATISTICA. El EXCEL sirvió de base para los diferentes cálculos, a través del diseño de los algoritmos en hojas electrónicas, y con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (Mapinfo 6,5 y Surfer 7,0) se representaron espacialmente los rendimientos de ambos cultivos, llevándose a cabo la zonificación.

Por el carácter exploratorio de este trabajo, se generó un reticulado para el país cuya cuadrícula o punto de rejilla (píxel) representa una resolución espacial de 4 km de lado. Los límites geográficos del rectángulo para la conformación de la rejilla fueron: X mínima: 82000, X máxima: 1234000 y mínima: 2000, y máxima: 378000, paso 4000; lo cual generó una red de 289 columnas y 95 filas (2626 cuadrículas en total). Los valores están referidos a la proyección Cónica Conforme de Lambert para Cuba Norte, expresados en metros Norte y Este. El Surfer 7,0 permitió la interpolación de los valores provenientes de las estaciones meteorológicas y pluviométricas y la obtención de los valores por puntos de rejilla de los parámetros necesarios. El método de interpolación usado fue el Distancia Inversa. El Mapinfo 6,5 se empleó para la creación de las bases topográficas, las cuadrículas y la representación espacial de los resultados.

Resultados

El análisis de las correlaciones permitió corroborar que las variables que mayor influencia ejercen sobre los rendimientos agrícolas del tabaco negro de sol, son las temperaturas mínimas medias del aire de los meses de enero y febrero y las precipitaciones del período noviembre-marzo, en particular, las de enero-marzo.

En el caso del tabaco tapado, los mejores indicadores fueron las precipitaciones de los meses del período diciembre-febrero, y al igual que en el tabaco de sol, las temperaturas mínimas medias del aire de enero-febrero.

En la Tabla 1 se presentan los coeficientes de correlación entre los rendimientos del tabaco negro de sol y del tabaco tapado, después de la exclusión de la tendencia ΔY , y las variables meteorológicas fundamentales, TN es la temperatura mínima media del aire y P es la precipitación total. Los meses están representados por números romanos.

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre los rendimientos del tabaco negro de sol y del tabaco tapado, después de la exclusión de la tendencia ΔY y las variables meteorológicas fundamentales

Variables Meteorológicas	Tabaco de Sol	Tabaco Tapado
P X	- 0.27	NS
P XI	+ 0.46	+ 0.30
P XII	- 0.40	- 0.46
P I	- 0.60	- 0.50
P II	- 0.65	- 0.57
P III	- 0.68	- 0.54
P I-II	- 0.64	- 0.58
P I-III	-0.78	- 0.66
P XII-II	NS	- 0.81
P XII-III	- 0.72	- 0.79
TN X	NS	+ 0.23
TN XI	NS	NS
TN XII	- 0.33	- 0.36
TN I	- 0.58	- 0.50
TN II	- 0.32	- 0.26
TN III	NS	- 0.28
TN XII-I	- 0.55	- 0.55
TN I-II	- 0.62	- 0.64

Nota: El símbolo (NS) representa valores no significativos de los coeficientes de correlación

Los índices agroclimáticos obtenidos para el tabaco negro de sol y tabaco tapado son los valores medios de la precipitación en mm en los períodos enero-marzo y diciembre-febrero, respectivamente; y la temperatura mínima media del aire en grados Celsius en enero-febrero para ambos tipos de tabaco y vienen dados por las siguientes ecuaciones:

$$\Delta Y_S = 1426.2 - 0.4310 P I-III - 48.89 TN I-II \quad (1)$$

$$\Delta Y_T = 1904.3 - 1.0258 P XII-II - 71.97 TN I-II \quad (2)$$

Donde ΔY_S y ΔY_T son los rendimientos medios en kg/ha del tabaco negro de sol y tapado, respectivamente, después de la exclusión del efecto de la tendencia o agrotecnia; P I-III y P XII-II son los valores medios de la precipitación en mm correspondientes en los períodos enero-marzo y diciembre-febrero; TN I-II es la temperatura mínima media del aire en grados Celsius en enero-febrero. Se encontraron dependencias lineales entre los rendimientos, después de la exclusión de la

tendencia, y los índices de referencia. Los coeficientes de correlación múltiple son 0.88 y 0.89, y los errores de las ecuaciones son 49.68 y 81.25 kg/ha que representan el 9 y el 16% de los valores medios correspondientes para el tabaco negro de sol y tabaco tapado, respectivamente.

En la Figura 1 se muestran las distribuciones territoriales de la precipitación total máxima posible en los períodos enero-marzo y diciembre-febrero, en tres de cada cuatro años (75% de probabilidad). En general, se observa en ellos una disminución de las precipitaciones desde la costa norte hacia la costa sur y un aumento de las mismas con la altura. Los valores máximos se observan en la Sierra del Rosario, en las alturas de Sagua-Baracoa y en la Sierra Maestra. Los valores más bajos en el período enero-marzo corresponden a una zona que se extiende desde la porción sudeste de la provincia Sancti Spiritus, mitad sur de la provincia Ciego de Ávila, e incluye una pequeña área al sur de la provincia Camagüey y gran parte de la provincia Las Tunas; también se observan en pequeñas zonas ubicadas al noroeste y al suroeste de las provincias de Granma y Holguín, respectivamente y en la Ciénaga de Zapata. En la Isla de la Juventud los valores más altos se observan en la zona centro-occidental y los valores más bajos corresponden a las zonas costeras del este y del sur e incluye el extremo suroccidental de ese territorio.

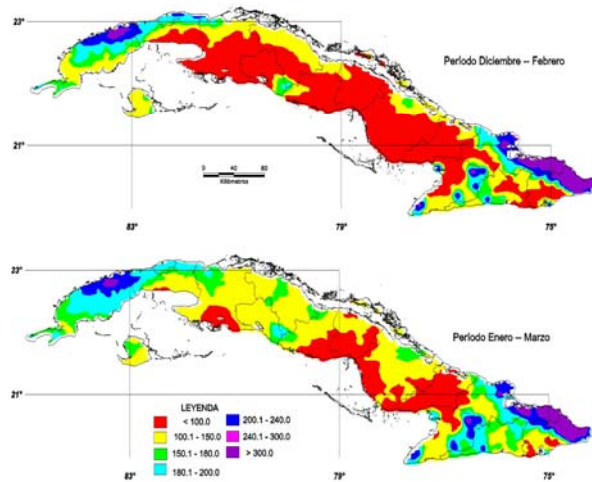


Figura 1. Distribución territorial de la precipitación total máxima posible en los períodos de diciembre – febrero y enero – marzo, en tres de cada cuatro años (75% de probabilidad).

La distribución de este índice en el período diciembre-febrero es muy parecida a la de enero-marzo, pero los valores mínimos de precipitación ocupan un área mayor. En este caso los valores más bajos, inferiores a 100,0 mm, corresponden a una zona que se extiende desde el sur de la provincia La

Habana, sur de las provincias de Matanzas, Villa Clara y Sancti Spiritus, gran parte de las provincias Cienfuegos, Ciego de Ávila, Camagüey y Las Tunas; pequeñas áreas al noroeste y suroeste de las provincias Granma y Holguín, respectivamente, y en la porción centro-sur de las provincias Santiago de Cuba y Guantánamo.

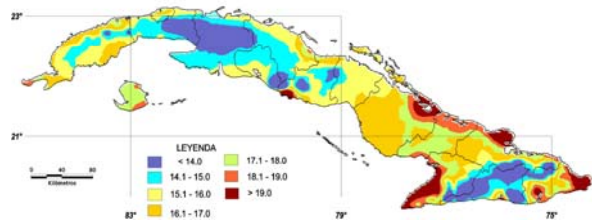


Figura 2. Distribución territorial de la temperatura mínima media del aire de enero-febrero.

En la figura 2 se muestra la distribución territorial de la temperatura mínima media del aire de enero-febrero. En ella se observa una disminución desde las costas hacia el interior, donde se destaca la zona central, desde la provincia La Habana hasta Matanzas, con los valores más bajos del país. También se observa una disminución con la altura y de oriente a occidente. En la costa norte los valores son relativamente más altos que en la costa sur. En la Isla de la Juventud, los valores más bajos se observan en la zona centro-occidental y la costa oriental es ligeramente más cálida que la occidental.

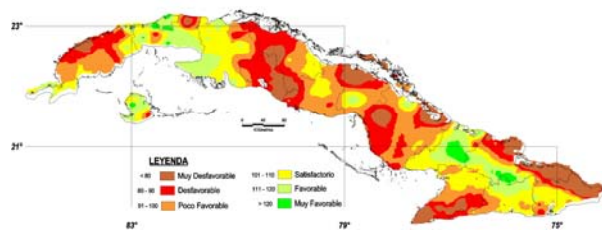


Figura 3. Zonificación agroclimática de Cuba, aplicada al rendimiento agrícola del cultivo de tabaco negro de sol.

En la figura 3 se presenta la zonificación agroclimática de Cuba, aplicada al rendimiento agrícola del cultivo de tabaco negro de sol. En ella se observa que los mayores rendimientos, de acuerdo a los recursos agroclimáticos del territorio, se pueden esperar fundamentalmente, en gran parte de las provincias de La Habana y Matanzas y en una zona que comprende los territorios de la provincia Las Tunas y se extiende hacia el centro y el sur del resto de las provincias orientales. Las condiciones más desfavorables se observan en zonas de la costa norte de la provincia de Pinar del Río, gran parte de las provincias centrales, Ciego de Ávila y

Camagüey, al sur de la provincia Granma y al norte de las provincias de Holguín y Guantánamo.

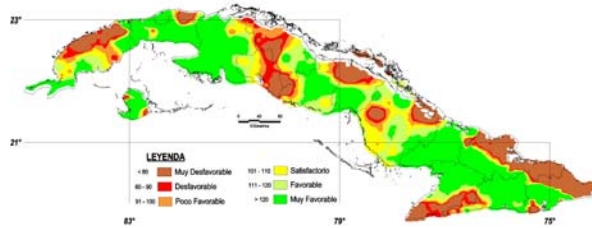


Figura 4. Zonificación agroclimática de Cuba, aplicada al rendimiento agrícola del cultivo de tabaco negro tapado.

En la Figura 4 se presenta la zonificación agroclimática de Cuba, aplicada al rendimiento agrícola del cultivo de tabaco tapado. En ella se observa que los mayores rendimientos, de acuerdo con los recursos agroclimáticos del territorio, se pueden esperar en una amplia zona que se extiende desde la porción más oriental de la provincia de Pinar del Río hasta Matanzas, en una extensa zona que comprende áreas del interior de las provincias de Villa Clara y Sancti Spíritus, en una zona que incluye áreas de la mitad sur de la provincia Ciego de Ávila y en una extensa zona que se extiende desde la provincia Las Tunas hasta la porción occidental de Guantánamo, incluyendo el sur de Holguín, norte de Granma y la casi totalidad de la provincia Santiago de Cuba. Las condiciones climáticas se hacen menos favorables para el rendimiento agrícola de este cultivo cuando nos aproximamos a las costas y en la costa norte son relativamente más desfavorables que en la sur. Las condiciones más desfavorables se observan en zonas de la costa norte de las provincias de Pinar del Río, La Habana, Villa Clara, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Camagüey y Holguín, mitad este de la provincia Cienfuegos, en el sur de la provincia Granma y en el extremo oriental de la provincia de Guantánamo.

Conclusiones

- Los resultados que se presentan en este trabajo, en particular las figuras 1 y 2, pueden ser utilizadas de inmediato en el trabajo operativo del servicio agrometeorológico a la agricultura tabacalera, en la evaluación de las condiciones agrometeorológicas de formación de la cosecha del tabaco negro de sol y del tabaco tapado en un año determinado.
- Los mapas de zonificación agroclimática del territorio de Cuba aplicada a los rendimientos agrícolas de los cultivos de tabaco negro de sol y tabaco tapado

(Figuras 3 y 4), pueden ser utilizados por los especialistas de la agricultura tabacalera, en la ampliación y redistribución de las áreas dedicadas a estos cultivos, lo cual redundará en la elevación de la productividad a partir de una mejor utilización de los recursos climáticos del país.

Referencias Bibliográficas

- **Cinitzina, N. I.** (1973): Agroclimatología., Guidrometeoizdat, Leningrado. 344 p.
- **Díaz, L.M. y A.J. Trémols** (1997): Efecto de diferentes fuentes de fertilización en el rendimiento y calidad del tabaco negro (capero) en Cuba. Simposio Internacional de la Sociedad Química Minera. Río de Janeiro, Brasil, 7 p.
- **Kogan F. N.** (1974): Evaluación de las condiciones agroclimáticas por las anomalías de los rendimientos agrícolas. Moscú. Met. Y Guid. No. 2, pp. 75 – 81.
- **Kogan F. N.** (1977): Cosecha de los cultivos de cereales en la zona de tierras negras del territorio europeo de la URSS y las posibilidades de su predicción sobre la base de datos del tiempo atmosférico. Trudi Ordena Lenina Gidrometeologichescovo Nauchno – Issliedovatielscovo Tsentra SSSR, Leningrad, pp. 3 – 23.
- **Núñez M., J. A. Sosa y A. Marroquín** (1997): Influencia de la predicción estacional en el rendimiento previsto para el trigo, en la campiña sur de Extremadura. C.M.T. de Extremadura, I.N.M., España, 9 p.
- **Obujov B. M.** (1949): Rendimientos agrícolas y factores meteorológicos. Gosolanizdat, Moscú. 318 pp.
- **Palenzuela E., R. Hoyos, C. Menéndez y M. González** (1991): “Métodos agrometeorológicos de evaluación y pronóstico de los rendimientos agrícolas de los cultivos de tabaco negro de sol y tapado”. INEDITO. 14 p.
- **Palenzuela E., C. Menéndez, R. Hoyos, M. Osorio y M. González** (1992): “Zonificación agroclimática del territorio de Cuba aplicado a los rendimientos agrícolas de los cultivos de tabaco negro de sol y tabaco tapado”. Memorias del Encuentro METEO'92, I Congreso Iberoamericano y V Congreso Interamericano de Meteorología. Universidades de Salamanca y Cáceres, España. Tomo 2. pp. 71-82.
- **Solano O., R. Vázquez y M. E. Martín** (2002): “Atlas agrometeorológico de disponibilidades hídricas para una agricultura de secano”. CD Memorias del III Congreso Cubano de Meteorología, 5 – 9 diciembre 2005, Centro de Convenciones Capitolio de La Habana.