

CRÁTERES EN EL SISTEMA SOLAR

VENUS

Angel Ferrer
Coordinador Sección Planetaria

Venus, como todos los cuerpos del sistema solar con superficie sólida, presenta cráteres de impacto. Esta cubierto por una espesa capa de nubes. Desde la Tierra se comienza la exploración con el radiotelescopio de Arecibo en la década de los 60. Naves espaciales como las Pioneer y las Veneras soviéticas aportaron mucha información, pero la cartografía definitiva la aportó la nave Magallanes. Por medio de su instrumental: radar, radiómetro y altímetro consigue obtener unas imágenes radar con una resolución inferior a 100 m en toda su superficie. Las imágenes de radar no concuerdan con las imágenes visuales. Existen unos 1000 cráteres de impacto. No existen menores de 3 km. Hay cráteres con pico central, anillo doble o multianillo. Muchos de ellos presentan halos oscuros o brillantes al radar. Están bien conservados pues la superficie de Venus es geológicamente muy joven: menos de 500 millones de años.

nuestros y en sentido retrógrado (diferente a todos los demás planetas). Su día dura mas que su año.

Es el planeta que mas se aproxima a la Tierra. Llegando a solamente 38.9 millones de kilómetros. Visto con telescopio se aprecia que tiene fases como la Luna y Mercurio. Cuando esta muy próximo puede medir hasta 61" de diámetro aunque solo se ve una franja muy fina. En las peores condiciones tiene un diámetro de 10 segundos. Esta cubierto siempre por una densa capa de nubes que impiden ver su superficie. Con buen telescopio y algo de imaginación se han visto algunas regiones mas oscuras.

Como hemos dicho, Venus gira sobre si en 243,09 días (en sentido retrógrado) con un año de 224,7 días. Si hacemos cálculos veremos que entre 2 acercamientos a la Tierra, Venus completa exactamente 5 rotaciones en torno a su eje, por lo cual

Venus es el segundo planeta del sistema solar por orden de distancia al sol. Es el astro mas luminoso después de la Luna y el Sol, tanto que puede llegar a dar sombra e incluso verse a plena luz del día.

Antiguamente se le consideraba como dos astros, uno que salía por la mañana y otro en el crepúsculo. Ha tenido gran influencia en determinadas civilizaciones como la China, maya, sumeria. etc. En nuestra civilización se le ha considerado como la diosa del amor, pero mas bien del amor erótico. En Grecia se la identificó como Afrodita que luego paso a ser Venus. También ha recibido el nombre de La Estrella del Pastor.

La órbita de Venus es prácticamen-

te circular y la recorre en 224.7 días terrestres. Tiene un radio equivalente a 0.723 Unidades Astronómicas y una inclinación de 3.4° con respecto a la eclíptica. Las dimensiones son comparables con la Tierra y se le ha considerado como un planeta gemelo al nuestro. Tiene un radio de 6.051 km. con una densidad media de 5.25 g. Pero las similitudes acaban ahí. En todo lo demás es muy diferente. Tiene una rotación muy lenta, con un "día" que dura 243,09 días de los

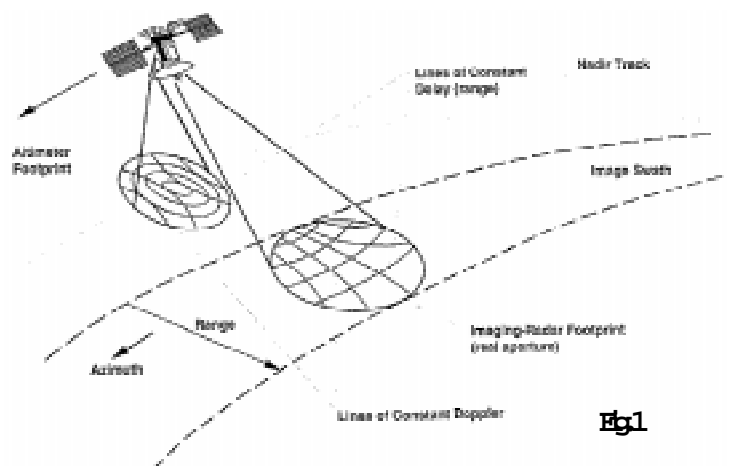


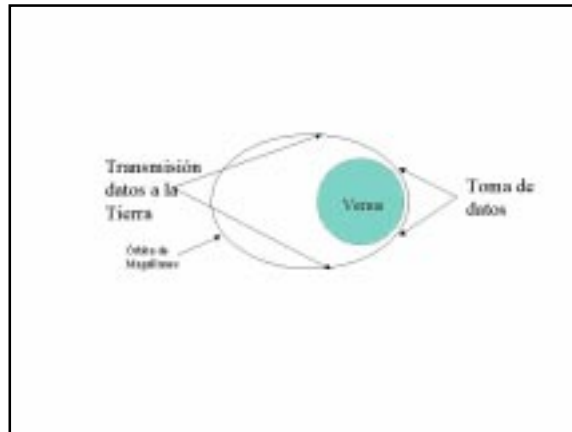
Fig.1

siempre nos enseña a la misma cara cuando se encuentra a la misma distancia mínima. Dado que la observación visual no aporta casi nada, se intentó obtener "imágenes" y datos sobre su superficie utilizando el Radar. Por esa peculiaridad orbital siempre se observan las mismas regiones. Posteriormente las naves espaciales dejaron olvidado este problema.

Las primeras observaciones de la superficie de Venus con radar fueron realizadas en 1960 con el Radio Telescopio de Goldstone, (California), Haystack (Massachusetts) y sobre todo con el de Arecibo en Puerto Rico. Las imágenes obtenidas tenían una resolución de pocos kilómetros. El radar de Arecibo tiene una antena de 300 m. Para cartografiar su superficie, se aprovecha una aproximación entre los planetas. Desde el radiotelescopio de Arecibo se manda un impulso de longitud de onda de 12 cm y una potencia de 400 kilovatios durante 5 minutos. La señal tiene un modulación de fase. Cuando llega a la Tierra después de rebotar en la superficie de Venus es captada por el propio radar de Arecibo y por una antena de 30 m situada 10 km al norte. Según las interferencias producidas se pueden obtener resoluciones de pocos kilómetros. También se aprovecha el efecto Doppler de la rotación del planeta. La técnica es bastante compleja y esta descrita en un artículo publicado en Investigación y Ciencia en Oct. de 1980 titulado "la Superficie de Venus". Pero eso es ya historia.

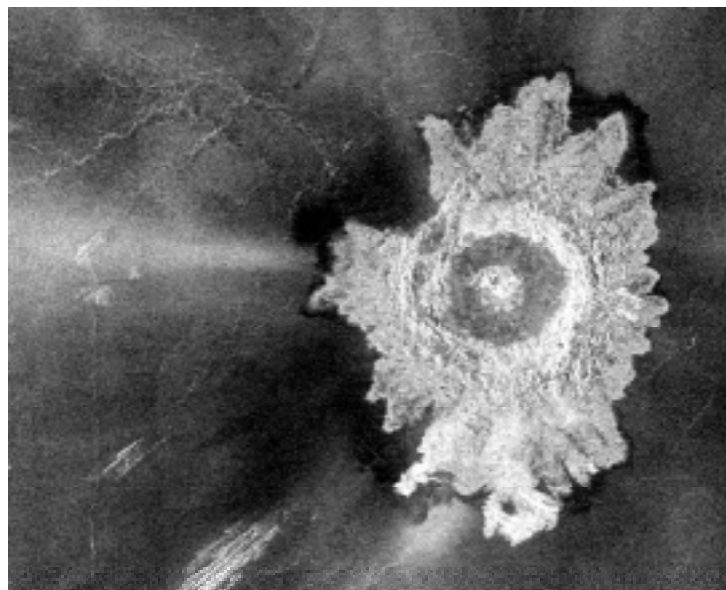
Exploración espacial. Venus ha sido un planeta favorecido por numerosos vuelos espaciales. La Unión Soviética tuvo un interés especial en su estudio. La

primera nave que llegó a las proximidades de Venus fue Venera 1. Sobrevoló Venus el 12 de Febrero de 1961. La segunda en llegar era ame-



ricana, llamada Mariner 2. Pesaba 201 kg. y el 14 de diciembre de 1962 se aproximó a una distancia de 34.800 km. y escaneó su superficie en infrarrojo y microondas, demostrando que la temperatura superficial es de 425 °C.

Venera 4: Llegó el 18 de octubre de 1967 y aportó información directa sobre la atmósfera de Venus. Demostró que esta compuesta por un 90-95% de dióxido de carbono. Una temperatura en la superficie de unos 500 ° C. y una presión de unas 75



atmósferas. Fue literalmente aplastada por la atmósfera antes de llegar a la superficie.

Venera 5 y 6: Fueron naves gemelas. Llegaron a la atmósfera, en enero de 1969 aportando datos de su composición y ambas murieron por la presión. Pesaban cada una 1.128 kg.

Venera 7: Llegó a Venus el 15 de diciembre de 1970 y fue la primera en llegar a la superficie de otro planeta. Estuvo emitiendo datos durante 23 minutos. La temperatura era de 475 °C y una presión de 90 atmósferas.

Venera 9 y 10: Eran dos monstruos de 5.000 kg. de peso que llegaron el 22 y 25 de octubre de 1975. Estudiaron la atmósfera y sus nubes. Un módulo de cada una de ellas, llegó hasta la superficie y estuvo activo durante 53 y 66 minutos respectivamente, enviando la primera foto en blanco y negro de su superficie. Son rocas de un terreno basáltico.

Pioneer Venus 1 (Pioneer 12): Llegó a Venus el 4 de diciembre de 1978 y estuvo operativo hasta el 8 de octubre de 1992. Fue el primero en utilizar un radar para realizar un mapa de la superficie de Venus.

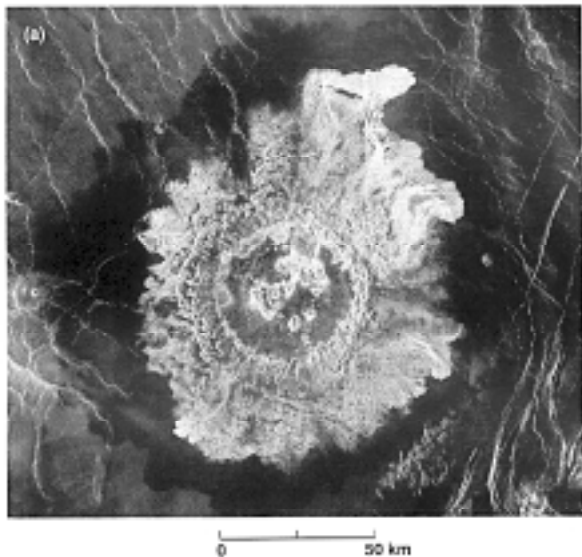
Pioneer Venus 2 (Pioneer 13): Constaba de cuatro módulos que fueron descendiendo en paracaídas por la atmósfera aportando valiosos datos.

Venera 12 y 13: Octubre y noviembre de 1981. Aportaron las primeras vistas en color de la superficie venusiana. Con un espectrógrafo de rayos X analizaron la superficie, siendo similar a algunos basaltos encontrados en medio de los océanos terrestres.

Venera 14 y 15: Cartografiaron parte del hemisferio norte con una

esolución de 1-2 km.

Posteriormente pasaron por Venus las naves Vega 1 y Vega 2 en su encuentro con el cometa Halley y también la nave Galileo con destino final a Júpiter.



Magallanes: Cartografía Venus con una resolución impensable hasta entonces: 70 m. Fue lanzada el 4 de Mayo de 1989 y llegó a su destino el 10 de agosto de 1990. Veamos con mas detalles como lo realizó.

La Misión Magallanes. Fue lanzada desde Cabo Cañaveral, Florida, por un cohete Atlantis el 4 de Mayo de 1989. Tiene un peso de 3.545 kg. y después de un crucero interplanetario de 15 meses la nave llegó a su destino el 10 de agosto de 1990 y se puso en una órbita elíptica prácticamente polar. Después de 4 semanas de comprobaciones, el 15 de septiembre se puso a cartografiar la superficie. Los objetivos eran determinar al menos el 70% de la superficie con una resolución horizontal de 300 m y vertical de 80 m y por tanto facilitar el análisis detallado de tectónica, vulcanismo y cráteres de impacto.

Para obtener estos resultados dis-

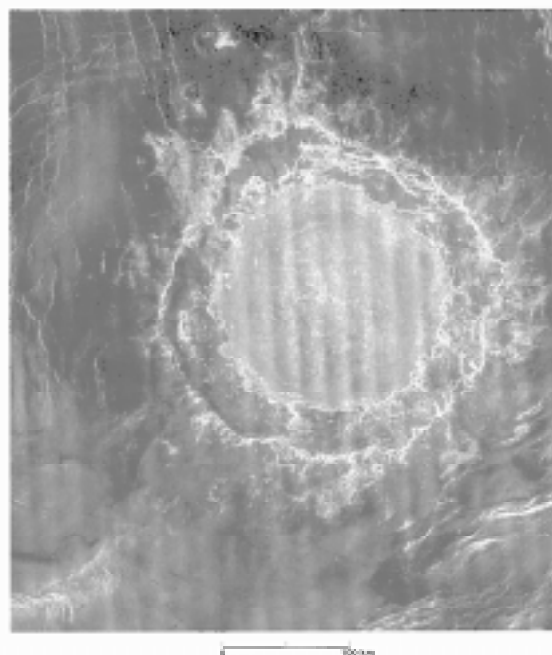
pon a de un único ada capaz de adquirir datos en tres modos diferentes: Radar de apertura sintética (SAR), radiómetro y altímetro. En los dos primeros el sistema esta conectado a la antena parabólica de alta ganancia de 3.7 m. fija a 25 grados del nadir y en dirección perpendicular a la trayectoria de la nave. Trabaja con una longitud de onda de 12.6 cm, y es capaz de penetrar en las espesas nubes que cubren la superficie y discriminar la rugosidad de la superficie a pequeña escala. (figura 1). En el modo altímetro esta conectado a una antena pequeña perpendicular a la superficie como se ve en la figura. El modo radiómetro es pasivo y detecta la radiación térmica emitida por la

superficie en longitud de onda de radio y por tanto independiente de la temperatura, esta mas en función de propiedades eléctricas de la superficie. Estos tres sistemas trabajan secuencialmente y del orden de varias veces por segundo.

Recordemos que la órbita es elíptica y que la antena del SAR esta desplazada 25° del nadir. El punto mas cercano estaba a 290 km. y el mas lejano a 8.500 km. Para realizar el mapa se utilizó únicamente por el nodo descendente (para entendernos cuando baja del polo Norte) y se situaba a menos de 2.000 km. de la superficie (fig. 2). Durante 37.2 minutos esta registrando y grabando datos. Estos se envían a la tierra durante las dos horas que la nave Magallanes estaba en lo mas alejado de su órbita . Las estaciones que recibían la in-

fomación estaban en Australia, España EE.UU. Después de esto, la Magallanes hab a dado una órbita en 3.259 horas y volvía a comenzar. Pero en ese tiempo Venus había rotado levemente y la superficie a cartografiar es distinta. Con lo cual, al cabo de 243 días, se completaba una rotación entera. Las dificultades técnicas son muchas y se sumaba la órbita elíptica: Había que reorientar en cada momento la dirección de la nave, la potencia del radar se modificaba según la altura a la superficie, la velocidad de paso de la nave también es variable, etc., etc. En cada vuelta había que orientar la antena a la Tierra y también dedicaban unos minutos a orientarse en el espacio. Todo esto por estar cubierto de nubes y no poder hacer unas buenas fotos. (Y nos quejamos que aquí algún día esta nublado)

El área cubierta en cada órbita es de 20 km. de ancho por 17.000 km. de longitud. En el primer ciclo (243 días) se obtuvo casi el 70 % de la superficie con una resolución superior a los 300m. Evidentemente cuando Venus estaba en conjunción con el Sol no se pudo emitir datos y hubo varios fallos de medición. El segundo ciclo se dedicó a cubrir estos defectos y obtener cobertura del polo



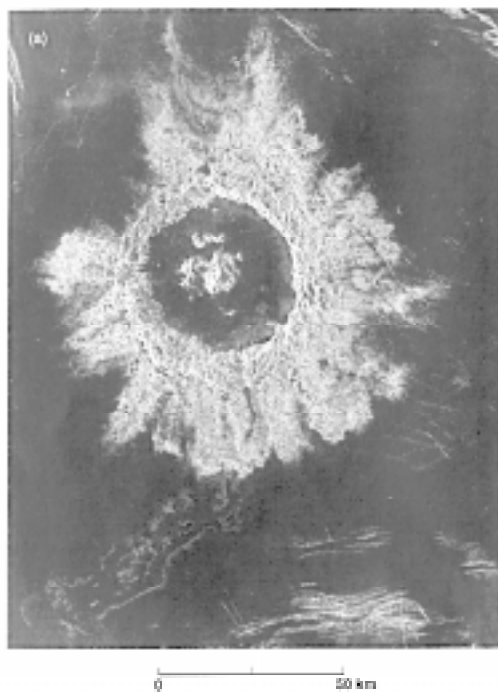
su. El Tece ciclo se dedicó a la adquisición de imágenes en estéreo. La superficie estudiada era ya del 98%. El cuarto ciclo de órbitas estudió la gravedad en base al efecto Doppler de una señal dirigida a la Tierra.

Se realizaron un total de 4225 órbitas utilizando el SAR y se levantaron unos detallados mapas a una resolución de 75 m por pixel. Posteriormente se realizaron fotomosaicos con resoluciones menores. Si alguien esta interesado en obtenerlos, sepa que son 170 CD-ROM y que cuestan 1.700 dólares (mas 5 dólares de gastos de envío). Eso si, los puede conseguir cualquiera. Para mas información ver <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/cd-rom/cd-rom.html>.

Al analizar la imágenes de radar hay que tener en cuenta que los puntos mas o menos brillantes no se corresponden con la imagen que tendríamos en visual. La correcta interpretación geológica depende del conocimiento que tengamos de cómo las ondas de radio interaccionan con las superficies naturales. Son mucho mas brillantes aquellas superficies que tengan una rugosidad semejante a la longitud de onda del radar. También influye pero menos la constante dieléctrica del material.

Superficie de Venus. Analizando las imágenes obtenidas por la nave Magallanes, se deduce que la superficie de Venus es geológicamente muy joven, con una antigüedad de 300-500 millones de años. La topografía esta compuesta por vastas llanuras cubiertas por ríos de lava y montañas o mesetas deformadas por la actividad geológica. El planeta es sorprendentemente llano con mas del 85% de su superficie con desniveles inferiores a los 500 m. El punto mas alto está en la Tierra de Ishtar y se llama Monte Maxwell. El 85% de la superficie está cubierta por roca vol-

cánica. Tiene grandes lavas que se prolongan durante cientos de Kilómetros. Mas de 100.000 pequeños escudos volcánicos puntean la superficie junto con cientos de grandes volcanes. En Venus podemos encontrar también gigantescas calderas con mas de 100 km. de diámetro. Algunos fenómenos son únicos como las coronas y los arcnoides. Y también encontramos cráteres de impacto. (fig. 3).



Los cráteres. Son un hecho muy común en la mayoría de la superficies planetarias sólidas. Los proyectiles (asteroides o cometas) colisionan durante miles de millones de años con la superficie. Son capaces de penetrar en la atmósfera e impactar a una velocidad media de 10 km. por segundo con una energía suficiente como para generar una onda de choque sobre el terreno, vaporizar tanto el punto de impacto como ellos mismos y lanzar a distancia rocas y fragmentos del suelo. Queda como resultado un cráter. En función del tamaño tendrá forma de cavidad, o bien con un pico central, o con anillos. (Ver capítulos previos).

Venus tiene unas características específicas. Es casi imposible encontrar cráteres con un diámetro inferior a los 2-3 km. Se debe al filtro que supone su densa atmósfera que impide el paso de cuerpos menores. Solo los encontramos en los llamados cráteres múltiples, que se interpretan como un cuerpo que se fragmentó en la atmósfera y originó varios impactos muy próximos.

Los cráteres están muy bien conservado por dos motivos. No existe agentes geológicos importantes como el agua, y solo en algún caso se aprecian tapados por coladas de lava. En segundo lugar la superficie es muy reciente del orden de 300 a 500 millones de años. El 62% de los cráteres no están modificados, como excepción encontramos el cráter de Somerville situado en la región Beta. Mide 37 km. de diámetro, y ha sido cortado por algunas fallas. El cráter de Alcott de 63 km. esta semioculto por la lava.

Algunos cráteres muestran halos que son brillantes al radar y otros oscuros y en algunos se aprecian extensos depósitos en forma de parábola abierta al oeste. Un hecho único de los cráteres de Venus es la presencia como de depósitos fluidos brillantes al radar que se extienden sobre grandes distancias siguiendo la topografía local. (fig. 4).

Las imágenes de radar sirven para discriminar la morfología, tamaño, simetría, material eyectado, rugosidad del suelo. En ocasiones es difícil determinar si la estructura es de tipo volcánico o de impacto. Va a favor de impacto la presencia de un anillo circular bien perfilado, flancos que suben poco a poco, suelo del cráter mas profundo, y material de eyección circundante. El anillo del cráter y el material de eyección son muy brillantes al radar por que ambos son rugosos y con numerosas caras orientadas perpendicularmente a la dirección del radar.

Schabe et al en 1992 clasificó los cráteres de impacto de Venus en 6 tipos, basándose en las imágenes de Magallanes.

- Cráteres multianillo. Son similares a los vistos en Mercurio y la Luna. Son todos aquellos que miden más de 100 km.

- Cráteres con anillo doble: Tienen dos anillos, uno externo y otro interno. Son cráteres con diámetros mayores de 40 km.

- Cráteres con pico central: Supone el 37 % de los cráteres de Venus.

- Cráteres con suelos menos estructurado. Tienen terrazas y suelos planos.

- Cráteres irregulares. Representa cráteres pequeños, de menos de 16 km. de diámetro. Sus suelos son brillantes al radar por ser rugosos y complejos.

- Cráteres múltiples: se caracterizan por ser dos o más cráteres producidos por proyectiles muy próximos unos de otros. El objeto impactante sería fragmentado por la espesa atmósfera de Venus. En algunos casos los anillos se solapan.

Los pequeños cráteres en forma de oquedad prácticamente no existen en Venus. No se han detectado cráteres de diámetro inferior a los 3 km. La densa atmósfera de Venus los destruye antes de chocar con su superficie.

Aproximadamente la mitad de los cráteres están rodeados total o parcialmente por halos. Estos halos posiblemente representan áreas lisas con pequeñas superficies rugosas. La onda de choque producida por el paso del meteorito a través de la densa atmósfera remueve con gran fuerza estructuras del tamaño de la longitud de onda del radar existentes en el suelo y pulveriza materiales su-

periciales produciendo imágenes oscuras. Alte nativamente, finos escombros producidos por la destrucción del meteorito o del punto de impacto se depositan después de la formación del cráter. Algunos cráteres tienen brillantes halos que también se atribuyen al shock de la onda de choque contra el suelo.

En algunos cráteres se aprecia la presencia de depósitos como fluidos que dan una imagen brillante en el radar. Se aprecian bien alrededor del cráter de Yablochkina. Estos flujos se originan en el cráter y descienden por la superficie, viajando a grandes distancias. El hecho que sigan la topografía sugiere que la consistencia es de un material de baja viscosidad.

El cráter más grande de Venus se llama Meade, en honor a Margarita Meade, una antropóloga americana que murió en 1978. Es un cráter multianillo de 280 km. de diámetro. El interior está recubierto de finas partículas que atenúan el retorno del radar, pareciendo más oscuro. El suelo del cráter tiene varias fracturas que muestran brillantes líneas. El anillo del cráter aparece brillante. La altura del anillo es únicamente de 1.0 km. que es muy poco en comparación con el diámetro (fig 5).

Cráter Danilova: es un cráter típico que mide 49 km. de diámetro con un pico central, suelo u muros bien delimitados y anillo de eyección con depósitos. Se aprecian bien los halos claros y oscuros. (fig 6).

Cráter Golubkina: es un cráter que mide 30.1 km. con un pico central y terrazas internas. Es un cráter típico, llamado así en honor a una escultora rusa: Anna Golubkina.

Los cráteres de Venus también tienen nombre. Esta vez tienen una cosa en común: son nombres femeninos. Están representados prácticamente todos los países. Hay más de 500 cráteres con nombres comunes feme-

linos casi otros tantos de personajes femeninos que han destacado sobre todo en las artes, en la historia o en las ciencias. Hay muchos de este siglo. Entre ellos destacan: Josephine Baker, Sarah Bernhardt, Ana Bolena, Maria Callas, Cleopatra, Isadora Duncan, Irene Curie, Mona Lisa, Maria Estuardo.

Españolas en Venus hay pocas:

Carmen Amaya: Bailaora gitana española (1913-1963). Mide 34.5 km. (el cráter, claro).

Olivia Barrera: Escritora médica (Hacia 1562). 27 km. de diámetro. (¿ la conocíais?)

Josefa de Ayala: Pintora (1630-1684) pequeño cráter de 19 km.

Dolores: Nombre propio español. Mide 12.6 km.

M. A. Fernández: Actriz española del siglo XVIII. (no pone más comentarios). Mide 23.7 km.

Ines: Nombre propio español. Mide 11.2 km.

Isabel de Castilla: Reina Española (1451-1504). Cráter de 175 km. (es de los más grandes).

Juanita: Nombre propio español. 19.3 km.

Laura: Nombre propio español. 17.2 km.

Magdalena: Nombre propio español 11.5 km.

Zulma: (pienso que será Zulema). Nombre propio español. 11.0 km.

Bueno, pues ahora sabemos un poco más sobre los cráteres de Venus. Si queréis ampliar información os doy tres páginas de internet muy interesantes. En papel escrito no he encontrado prácticamente nada:

Vistas del sistema solar: <http://www.hawastoc.org/solar/span/venus.htm>

Misión Magallanes: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/magellan.html>

Análisis cráteres Venus: <http://www.flag.wr.usgs.gov/USGSFlag/Space/venus/venus-tittle.html>

En el próximo número comentaremos los cráteres en Marte.