Artículos

Probable ocurrencia en la antigüedad de aurora boreal de alta intensidad y su posible registro en obras rupestres

Titulo original: *Characteristics for the Occurrence of a High-Current, Z-Pinch Aurora as Recorded in Antiquity* (ver fuente)

Anthony L. Peratt. , *Los Alamos National Laboratory*, Los Alamos, New Mexico USA
alp@ieeetps.org

Artículo publicado en: *1192 IEEE, Transactions on Plasma Science*, Vol. 31, N° 6, diciembre de 2003. (ver fuente)

Manuscrito recibido el 19 de mayo de 2003, revisado el 15 de octubre de 2003 en el IEEE, Transactions on Plasma Science. Este trabajo es respaldado por la Fundación Mainwaring, en sociedad con el Museo de Arqueología de la Universidad de Pensilvania, Filadelfia. El autor pertenece al grupo de Plasma Físico, Laboratorio Nacional de Los Álamos, Los Álamos, NM 87545 USA. Digital Object Identifier 10.1109/TPS.2003.820956.

Traducción inglés-castellano: Celis S., Leopoldo, *investigador en Astrofísica, Círculo de Santiago, Centro de Estudios Científicos, Emilio Delporte 1126, Proviencia, Santiago de Chile*; Bustamante C., Daniela, *estudiante de arquitectura*; Bustamante D., Patricio, *investigador en Arqueoastronomía (Taller Taucan): (bys.con@gmail.com), asociado a The Los Alamos National Laboratory Geographic Information Systems for the Preservation of Archaeological Sites and Petroglyphs*; Huerta P., Helmuth, *corrector de prueba y periodista de la ONG Programa Chile Sustentable.*

Resumen

El descubrimiento de objetos del Neolítico o Edad del Bronce Temprana, que presentan patrones asociados con fenómenos *Z-pinch*(1) de alta intensidad, proporcionan una posible

explicación sobre el origen y significado de antiguos símbolos elaborados por comunidades ancestrales. El presente artículo compara material gráfico con figuras derivadas de la radiación *Z-pinch* de alta energía con estos patrones. La investigación está enfocada, principal pero no exclusivamente, en los petroglifos aquí señalados y estudiados. Al respecto, el autor relaciona que muchas de estas representaciones arcaicas podrían clasificarse de acuerdo a la información sobre estabilidad e inestabilidad del plasma.

Puesto que se han registrado las mismas morfologías en distintos lugares alrededor del globo, las comparaciones sugieren la ocurrencia de aurora de gran magnitud, que podría haber sucedido si el viento solar se hubiese incrementado entre uno y dos órdenes de magnitud hace miles de años.

Palabras claves: Aurora, plasma de densidad de alta energ ía, inestabilidades magneto-hidrodinámicas (MHD), petroglifos, pictografías, stonehenge, Z-pinch.

Introducción a la versión en castellano

El Dr. Anthony Peratt es experto en física del plasma; editor *senior* de la Institution of Electrical and Electronic Engineers (IEEE); director de The Los Alamos National Laboratory Geographic Information Systems for the Preservation of Archaeological Sites and Petroglyphs; asociado al Museum of Archaeology and Anthropology, University of Pennsylvania (Philadelphia, USA). *Ver currículum al final y detalles en: (ver fuente)*

El plasma -denominado el cuarto estado de la materia (sólido, líquido, gaseoso y plasma)- constituye 99,99% de la materia visible en el universo. El sol y las estrellas están constituidos por plasma, que se encuentra también en los rayos de tormentas, luces de neón y lámparas fluorescentes (ver fuente)

El Dr. Peratt ha estudiado durante décadas el plasma galáctico y en el curso de sus experimentos descubrió que, bajo ciertas condiciones, las descargas del plasma dan origen a determinadas formas, con las que elaboró un catálogo de 84 figuras, a las que denominó *"Peratt Instabilities"*.

El año 2000 encuentra que las 84 figuras, recién documentadas mediante modernos instrumentos, coincidían con figuras grabadas miles de años atrás en obras rupestres, por culturas de diversas latitudes. Así, mediante la aplicación de sus conocimientos de física y una visión tridimensional de los fenómenos de plasma a nivel planetario, intenta establecer si fenómenos como auroras boreales de gran intensidad, pudieron inducir a comunidades ancestrales a elaborar los registros encontrados en una muestra de decenas de miles de petroglifos. A la fecha, el autor ha determinado tres épocas de probable ocurrencia.

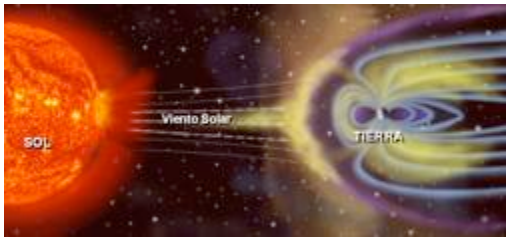
El presente artículo es resultado de esta nueva línea de investigación con bases experimentales, en la cual converge la disciplina de la Física de Plasma y de la Arqueología (centrada en las obras rupestres - petroglifos y pictografías).

Evidencias de contexto:

1. Cada 11 años, aproximadamente, el sol experimenta un ciclo eruptivo que genera tormentas solares: Enormes llamaradas y vastas explosiones lanzan fotones de alta energía y materia altamente cargada hacia la Tierra, lo que sacude la ionosfera del planeta y el campo geomagnético. Uno de estos ciclos comienza a principios de 2008 y se espera que registre un pico a finales de 2011 o a mediados de 2012.

2. La Tierra, como se observa en la siguiente figura, actúa como un imán rodeado por la magnetosfera, que actúa como un "escudo" que protege la vida orgánica del impacto directo de la radiación que carga magnéticamente la atmósfera. (ver fuente)

3. El impacto del viento solar genera auroras boreales, actualmente visibles sólo en latitudes próximas a los polos.



De acuerdo con Peratt, una tormenta solar de una magnitud mayor que las registradas permitiría observar estos fenómenos en latitudes más próximas a la línea del Ecuador.

Las principales hipótesis de esta línea de investigación son:

1. En el pasado pudieron ocurrir tormentas solares de magnitud 2 a 3 veces mayor que las conocidas.

2. Comunidades ancestrales podrían haber presenciado intensas auroras, fantásticos diseños en el cielo -*Peratt instabillities*- y tormentas eléctricas de gran magnitud, a consecuencia de la intensa carga atmosférica.

3. Este escenario pudo producir un intenso impacto psicológico, cambios en su entorno e inducir a algunas comunidades a grabar en roca las imágenes observadas el cielo nocturno -gigantescas figuras luminiscentes-, las cuales probablemente fueron relacionadas con seres sobrenaturales, deidades, espíritus, etc.

El trabajo del Dr. Peratt no solo involucra el conocimiento del pasado de la humanidad. Los registros legados por nuestros ancestros, podrían permitirnos anticipar la ocurrencia de futuros ciclos de tormentas solares de gran magnitud, las cuales tendrian efectos significativos sobre nuestra civilización actual.

No parece probable que la actual tormenta que se inició en enero de 2008 sea de una magnitud

significativamente mayor que las anteriores, pero futuras tormentas de un orden de magnitud similar a las predichas por él, podrían afectar significativamente entre otros:

1. Comunicaciones y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), debido al probable daño de satélites de comunicaciones. (ver fuente)
2. Sistemas computacionales, al quemar o fundir circuitos.
3. Sistemas eléctricos, al quemar transformadores que podrían tardar semanas y meses en ser reemplazados. (ver fuente)
4. Vuelos de aeronaves, especialmente en latitudes cercanas a los polos.

Un significativo aporte de la investigación de Peratt, implica la realización por primera vez, de un análisis global de petroglifos, pertenecientes a diversas culturas de los 5 continentes. Atendiendo a las implicaciones probables, surge la necesidad de proteger y preservar *in situ* las obras rupestres, pues podrían contener información clave para comprender mejor estos fenómenos ocurridos épocas remotas y probablemente anticipar la existencia de ciclos de tormentas solares de mayor magnitud. En tal caso, los registros se transformarían en un puente entre pasado y futuro.

Este trabajo aporta evidencia que indica que las obras rupestres no necesariamente serían solo una expresión artística arcaica (por esta razón utiliza el concepto obras rupestres en lugar de "arte rupestre"), o productos de las visiones de chamanes bajo los efectos de enteógenos. Probablemente un porcentaje de ellas podrían constituir un registro preciso de eventos ocurridos en el entorno de quienes las grabaron.

La primera parte (I–IX) del texto contiene fundamentación en lenguaje propio de la Física, lo cual no debe desalentar al lector interesado en desentrañar el posible significado de las obras rupestres legadas por nuestros ancestros. La segunda parte (X) describe la procedencia de los petroglifos y la metodología usada en su comparación con el plasma. La tercera parte (XI–XVIII) muestra la posible relación de fenómenos de plasma con petroglifos.

Probablemente serán las nuevas generaciones de jóvenes investigadores quienes podrán conocer y aplicar con propiedad en el futuro estos nuevos conceptos. En el pasado hemos experimentado un proceso de asimilación semejante por ejemplo con la introducción de las técnicas de fechado de Carbono 14, la investigación en ADN, los núcleos de hielo antártico y los efectos de la Corriente del Niño en el paleo clima entre otros.

La realización de esta traducción e introducción, autorizada por el autor, ha significado un gran esfuerzo, esperamos hacer justicia al notable trabajo realizado por el Dr. Peratt.

Patricio Bustamante Díaz

Introducción

El 9 de julio de 1962, Estados Unidos detonó un artefacto termonuclear de 1,4 megatones en la atmósfera, a 400 metros sobre la Isla Johnston. El evento generó un plasma, cuya forma esférica se estiró en pocos minutos a medida que los iones y electrones del mismo fluían a lo largo del campo electromagnético de la Tierra, para desembocar en una aurora artificial. La Figura 1 muestra una fotografía de la aurora artificial, 3 minutos después de la detonación, registrada desde un avión KC-135.

Junto a la aurora artificial se constató deterioro de las comunicaciones de radio sobre una vasta área del océano Pacifico, así como descargas de rayos, destrucción de equipos electrónicos en satélites de monitoreo y un pulso electromagnético, que afectó circuitos de energía en lugares tan apartados como Hawaii.

El evento fue observado en todo el mundo, a medida que el plasma formaba al menos 2 tubos ecuatoriales intensos; es decir, cinturones de Van Allen artificiales alrededor de la Tierra. Estos anillos cilíndricos o toroides (rosquillas) de plasma contenían electrones relativistas que estaban delimitados por campos magnéticos, fuente de gran cantidad de radiación de sincrotrón. La radiación duró mucho más de lo esperado y presentó una constante de descomposición del orden de 100 días (Sin tener conocimiento, la humanidad ha visto por siglos la radiación sincrotón en la nebulosa del Cangrejo. Los únicos mecanismos conocidos que generan radiación sincrotón son los electrones, que expiran cerca de un campo magnético cercano a la velocidad de la luz).

Así, la forma del fenómeno registrada en radio, imagen y altas frecuencias correspondía al plasma “rosquilla” que rodeó la Tierra e imitó los cinturones de Van Allen.

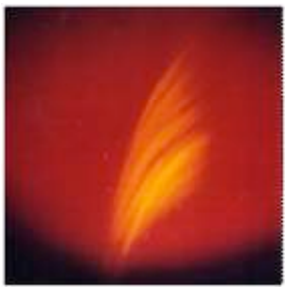


Figura 1: Detonación termonuclear de Starfish del 9 de julio de 1962, a 400 km sobre la Isla Johnston. La fotografía fue tomada desde un avión KC-135 de Los Álamos tres minutos después de su inicio. Una aurora estriada artificial se ha formado desde el plasma de partículas, la cual se extiende a lo largo del campo magnético de la Tierra. El objeto más brillante que se aprecia en el fondo (marca) arriba, en la esquina izquierda, es la estrella Antares, mientras que el de más a la derecha es θ-Centauri. El punto de estallido está a dos tercios del camino hasta el plasma estriado más bajo.

La aurora artificial de la Figura 1 también muestra plasma estriado, surgido a partir de inestabilidades. Este artículo describe los rasgos característicos de experimentos de laboratorio y simulaciones de plasma, especialmente para las condiciones *Z-pinch* de alta energía, comparando estos rasgos con petroglifos y otras representaciones antiguas, los cuales podrían haber estado asociados con observaciones de auroras. Tal como las auroras naturales de los

polos magnéticos norte y sur, las estrías cargan corrientes de partículas eléctricas, de Birkeland, del orden de mega-amperes.

II. Dinámicas de una aurora intensa

La forma de la aurora es determinada por el viento solar supersónico, el escudo magneto-esférico de la Tierra (aproximadamente a 100 km. sobre la superficie de la Tierra), y el campo magnético bipolar terrestre. (Esto es la magnetopausa que desvía la incidencia del flujo solar cayendo como rasgaduras en forma de concha. En la parte más ancha, el grosor de la magnetopausa es del orden de 130.000-150.000 km., mientras que la cola puede extenderse desde la Tierra, tan lejos como 1.000.000 km. En comparación, la distancia media entre la Tierra y la Luna es de 384.402 km).

La Figura 2 muestra el flujo y reflujo de corrientes eléctricas comunes. Estas membranas de corrientes eléctricas transforman la cortina de ondas rápidas de luz en una representación visual (Figura 3), como resultado de la interacción de electrones con moléculas excitadas en la atmósfera superior [4], [5]. La aurora es esporádica, permanece usualmente varias horas o incluso varios días. La más intensa y larga muestra auroral ocurre durante una tormenta solar, cuando el flujo entrante crece dramáticamente [6].

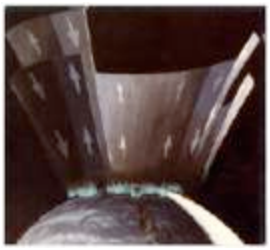
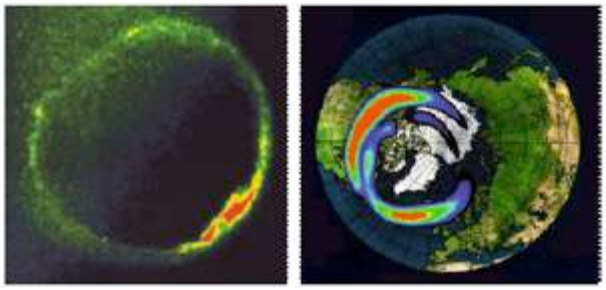


Figura 2: Representación artística de corrientes Birkeland, fluyendo hacia adentro y afuera de la atmósfera terrestre, a altas latitudes. Estas corrientes, fuente de intenso debate en el pasado, son habitualmente medidas por satélites y presentan magnitudes totales de millones de amperes (mega-amperes): Imagen de de Smith, S.G., Applied Physics Laboratory, The Johns Hopkins University.



La figura 3 (izquierda) muestra una vista de la aurora terrestre obtenida en la banda UV por el satélite Viking. La emisión de la aurora envuelve completamente el polo geomagnético, ubicado aproximadamente en el centro y son más brillantes cerca de la medianoche, en la esquina derecha inferior El diámetro del anillo de la aurora es cercano a los 5.000 km. (derecha). El plasma

de viento solar filtrado a través de la magnetosfera es responsable de la aurora sobre la Tierra. Estos espectaculares fenómenos ocurren en 2 arcos de auroras, en las latitudes polares de ambos hemisferios, y son causados por plasma de electrones que fluyen hacia abajo en corti nas, a lo largo de los campos magnéticos de la Tierra. Estas corrientes eléctricas se filamentan para formar cortinas de luz que ondean rápidamente en una muestra auroral, como resultado de la interacciónde electrones con moléculas excitadas en la alta atmósfera.

III. Inestabilidades de las cortinas aurorales

A. Morfología de las auroras

La columna de plasma auroral es susceptible a 2 inestabilidades plasmáticas; el haz de los electrones relativista, que forma cortinas; y la inestabilidad diocotron, que causa cortinas para filamentar en una corriente individual y causar los "remolinos" o "cortinas" [7], [8]. Estas inestabilidades también generan la radiación observada dentro de un amplio rango del espectro electromagnético [9], [11].

El diámetro del círculo auroral puede ser de cientos de kilómetros, mientras que el ancho de la cortina puede ser de decenas de kilómetros.

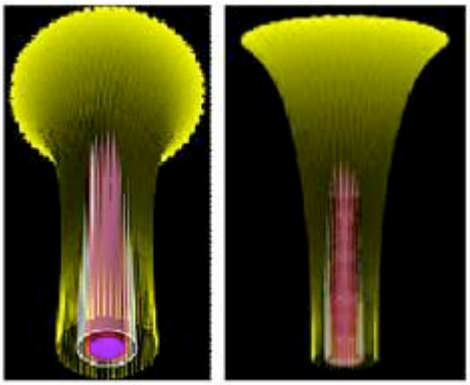


Figura 4: Representación de un embudo auroral intenso. Las figuras muestran corrientes Birkeland, fluyendo hacia abajo y arriba, contenidas con 2 hojas concéntricas (izquierda) vista oblicua hacia arriba. (Derecha) vista lateral. Al centro abajo, apenas visible, están las inestabilidades Z-pinch.

En un flujo interior de plasma intenso, la aurora debería estar formada por la fuerza de su propio campo magnético azimutal, i. e., un *Z-pinch*. Para el caso de una aurora intensa, que incluye muchas decenas de mega-amperes de corriente, la mayor parte del embudo debería ser visible con emisión de luz, junto con los vértices y filamentos individuales.

En un campo de visión limitado, los filamentos de emisión de luz deberían aparecer como "puntos" o "puntos alargados" y hebras filamentosas. Esta geometría predomina si la partícula cargada, que fluye desde el sol, se incrementa en un orden de magnitud o más por una cantidad de tiempo considerable(2). Además, también deberían ser visibles porciones de la magnetosfera y sus colas [12]

La Figura 4 es una representación de un embudo auroral intenso. El delgado plasma exterior se ha filamentado en corrientes plasmáticas de diámetro menor, formando además una cortina de plasma interior y un núcleo. La parte superior del fenómeno puede tener forma de diamantes, manchas o de una estructura celular, mientras que la parte interior de este (mirándolo desde arriba) consisten puntos o cilindros concéntricos. Las inestabilidades que ocurren desde la parte media hasta la inferior del embudo serán materia de estudio en este artículo.

En una aurora intensa, los filamentos convergentes son vistos como puntos conectados con filamentos convergentes visibles en altas altitudes. Así, deberían reconocerse 2 partes en la cortina de plasma de la aurora: el embudo superior o la región de flujo hacia dentro junto con la cortina de plasma inferior y las columnas sólidas.

B. Luminancia auroral

La excitación de partículas cargadas de luminiscencia auroral es responsable de la luminosidad y color de las auroras atmosféricas. El color depende del estado atmosférico superior y la altura sobre la Tierra; procesos de excitación en átomos de oxígeno y nitrógeno propician generalmente auroras verdes, rojas y azules. En forma excepcional, se pueden ver auroras amarillas en lugares donde auroras rojas y verdes se superponen. La más común, verde, debe su color a a la línea de emisión 55.7 nm y la de oxigeno O (1S) [3].

La luminosidad de las auroras están en el rango 4.83 10-5 (lm) estereorradián por metro cuadrado hasta 4.83 10-2 (lm) estereorradián (sr.) por m2. En comparación, la luminosidad de la luna llena es 6000 (lm) estereorradián por m2.

Las observaciones sugieren que la tormenta geomagnética que propicia una aurora energética se genera a partir de la inyección directa de electrones 10 eV-10KeV desde el flujo del plasma solar. La fuente de electrones de alta energía no es necesariamente solar, ya que puede ser un fenómeno eléctrico espacial que produzca un flujo de plasma hacia la Tierra.

Una actualización de la investigación en el plasma solar -interacción del espacio plasmático de la Tierra y el sol, tormentas geomagnéticas, sub-tormentas y auroras, la magnetosfera e ionosfera y la simulación del tiempo espacial- puede ser encontrada en [13].

IV. Metodología analítica y experimental

Los datos experimentales son tomados desde varias maquinas de *terawatt*. La mayoría de los antecedentes son tomados por el autor en el generador Blackjack, con poder de 5 pulsos del Laboratorio Maxwell. Parte de la información también provino del Laboratorio del Departamento de Energía de EE.UU., a través de sus instalaciones en los laboratorios de Los Álamos y Sandia; generadores de alta explosión en EE.UU. y Rusia se agregaron el conjunto de datos. El rango de corriente oscila de 10 nanosegundos y kiloamperes hasta 150 MA, y la escala de tiempo, desde 10 nanosegundos a microsegundos [15], [16].

Las geometrías de las cargas de plasma son generadas con aplicación de pulsos de alto voltajes a bocanadas de gases, para simular un flujo interior similar a una aurora. Alambres simulan la dinámica de filamentos y cortinas de plasma concéntricas formadas por capas cilíndricas, con forma de nido, para producir ondas de choque con altas velocidades [17], [18]. Con respecto a su tamaño, las geometrías registran unos pocos centímetros de diámetro y 2-3 cm de longitud. El grosor de los alambres y las capas son generalmente de unos 10-30 μm.

a). Diagnóstico

El diagnóstico generalmente incluyó sombragrafía láser, fotografía Schlieren, holografía de pulso doble-láser, cámaras fijas de captura rápida, cámara de desenfilado continuo, detectores de rayos X, bolómetros, cámara estenopeica para rayos X suaves y fuertes, bobinas Rogowski y sondas onduladas de registro.

En algunos experimentos, detectores de termo luminiscencia midieron espectro de fotones de 1-10 MeV, espectro energético de electrones, espectro de bremsstrahlung y su distribución angular.

B. La Solución de las ecuaciones Chandrasekhar–Fermi en computadores de alto rendimiento

El análisis computacional de una columna de plasma se basa sobre el teorema fundamental del plasma para las condiciones de estabilidad dinámica. Este teorema es usado inicialmente en magnéto-hydrodinámica (MHD) por Chandrasekhar y Fermi, para establecer las condiciones de estabilidad dinámica de masas gravitacionales cósmicas, balanceadas por presiones gravitacionales, magnéticas y cinemáticas [19].

La geometría básica sugerida por Chandrasekhar y Fermi es cilíndrica, como la de Shafranov, quien extendió el uso del teorema para investigar condiciones de equilibrio en columnas de plasma con alta conductibilidad de corrientes [20].

La extensión de la teoría explica los movimientos cinéticos en 3 dimensiones (3D), que son realizados por Peratt, Green, y Nielsen, quienes comparan las columnas de plasmas de corrientes altas y bajas con códigos de partículas relativistas 3-D [21], [22]. (Ver Sección XVIII).

Es necesario verificar y validar los códigos computacionales [23]. Todas las simulaciones están basadas en los datos de densidad con energía alta. Asímismo, los datos experimentales tienen como referencia las simulaciones para entender la evolución de la columna.

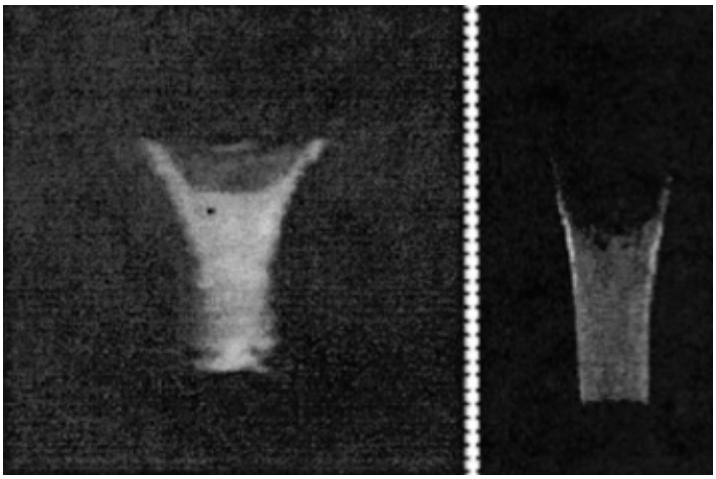


Figura 5: Influjo cónico de una columna de plasma conductora de corriente. El flujo va de arriba hacia abajo con estrías en el cuerpo de la columna. El comienzo de los rasgos de plasma se encuentra al centro-arriba. Estas fotografías experimentales pertenecen a un plasma de 5 MV y 3 MA

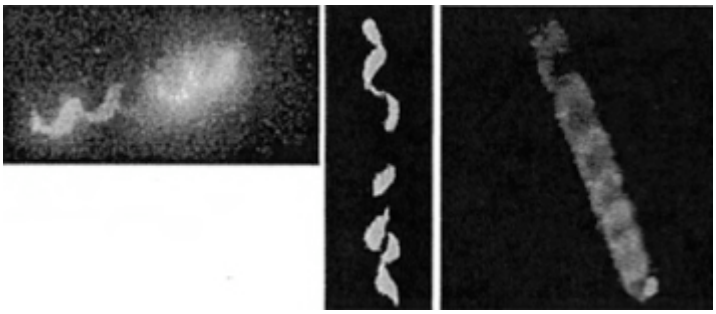


Figura 6: Inestabilidades helicoidales en laboratorio y espacio. (Izquierda) Columna de plasma de 1.3 MA. (Al medio) Columna de plasma con longitudes de centímetros conduciendo 2 MA. Fotografía con cámara fija, 5 ns (5 billonésimas de segundos). (Derecha) 10 kilómetros, con una corriente de electrones de150 MA eyectado a 100 km sobre la Tierra.

V. Evolución de Z-Pinch de alta corriente

El tiempo total de vida de la columna contractada (*pinched*) es tópico de interés desde su formación hasta una eventual ruptura. La evolución se estudia con el artículo de 3-D, electromagnético y relativista en el código TRISTAN [8] de la simulación de la célula, [24].

Otros trabajos sobre el tema pueden ser encontrados en la literatura [25], [28]. En general, los datos dan un cuadro similar que se muestran en la Figura 4, donde el plasma de flujo converge en una columna de plasma estriada o texturada (Figura 5).

A. Inestabilidad de una columna de plasma sólido

Una columna de plasma sólido, tal como se muestra en el centro de la Figura 4 (o en la columna inferior de la Fig. 5), es susceptible a 2 tipo de inestabilidades, m = 0 (salchicha) y m = 1

(hélice, espiral), donde m es un número de variaciones azimutales, exp (mθ) [8], [20]-[24].

Cuando m=1, se presenta una inestabilidad común tanto en el laboratorio como en plasmas del espacio, y ocurre cuando preexiste un campo magnético axial a la columna (Esto no es inusual para un plasma que genera un campo magnético circular con una ligera componente vertical, que rápidamente se desarrolla en el necesitado campo axial para el desarrollo de una hélice). La Figura 6 muestra ejemplos de ambos casos, respectivamente.

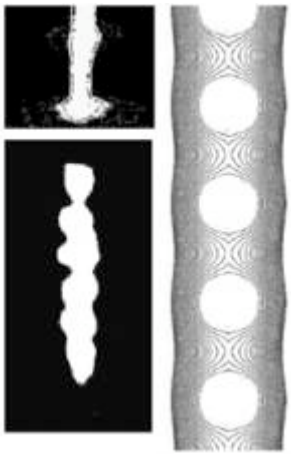


Figura 7: Esferoides externos producidos por la contracción del plasma (superior izquierda). Etapa temprana (inferior izquierda), etapa tardía (derecha), solución gráfica experimental de un supercomputador de las ecuaciones Chandraskhar–Fermi.

De izquierda a derecha: un plasma de 1.3 MA; un plasma de 5-ns 3 cm de largo 2 MA y un rayo de 150 mili amperes, con 10 km de longitud, En todos los casos el incremento de la corriente produce una hélice de diámetro más pequeño.

B. Estructura de la columna

La manera en la que la morfología del Z-*Pinch* se desarrolla en el tiempo va de una organización estructural de envoltura de plasma esferoidal hasta toroides interiores, como lo discutieron Ortiz-Tapia y Kubes [29], [30].

Generalmente, en una descarga eléctrica intensa localizada en el rango de multimegavolt y multimegaamperes, como debiese registrar una aurora intensa, se observa la formación de nueve *pinches* esferoidales distintos. Aunque no hay bases teóricas para los 9 esferoides, la mayoría de los investigadores mencionan “entre 8 y 10”. En la Figura 7, los 2 de abajo son cortados en el registro.

Estos esferoides o “plasmoides” presentan una envoltura de plasma esferoidal externo y toroides interiores, que definen tanto los campos magnéticos como las corrientes dentro de ellas [8].

1) **Esferoides**: El cuadro en la Figura 7 retrata las “hisophotas” esferoidales externas, donde

algunos incluyen al núcleo central visible. La ilustración de la izquierda son radiografías, mientras la de la derecha, una simulación computarizada. Es común observar hasta 3 plasmoides a la vez, considerándose hasta 8 un número habitual. No es usual encontrar un corte o modificación presente en el esferoide de más arriba.

2) **Toroides Interiores**: La radiación óptica intensa, la radiación sincrotón, y los rayos X son registrados en toroides de plasmas interiores. En la Fig. 8 se muestra la geometría básica, donde (a) representa a esta geometría, (b) a la imagen obtenida con una cámara fija, medida en centímetros, de 1.3-MA *pinch* [29], (c) 6-MA *pinch* medido en centímetros, y (d) es el 6-MA *pinch* medido en centímetros con un plasma de densidad óptica visible (brillantez). Nótese que el plasma más denso forma el rasgo superior de la Fig. 8, los lados de los toroides y la base.

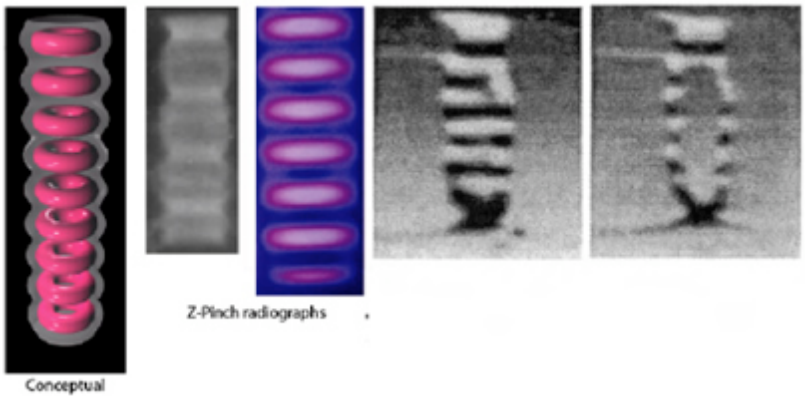


Figura 8: Toroides interiores dentro de un conjunto de esferoides producidos en una columna de plasma de multi megaamperes. (a) Geometría básica. (b) Centimeter-size 1.3-MA pinch. (c) Centimeter-size 6-MA pinch. (d) Centimeter-size 6–MA pinch con una muestra de plasma ópticamente denso (el más brillante).

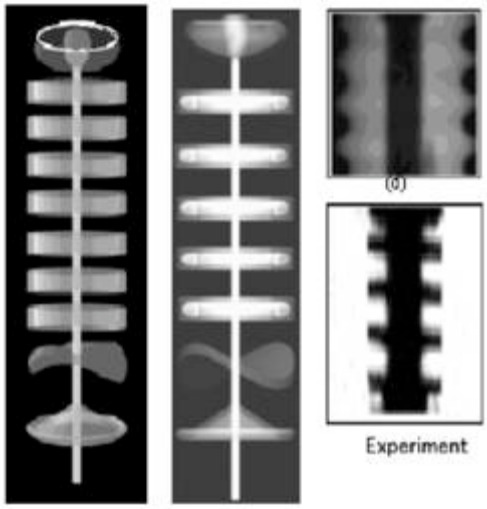


Figura 9. (Izquierda) Ilustración de simulaciones del aplanamiento de un grupo de toroides de plasmas conductores de multi-megamperes. La corriente hace que los toroides se aplanen hacia el centro, a la vez que se enrollan y doblan en los extremos. (Derecha) Radiografía de rayos X con un plasma pinched de 16-MA, de 4 cm de diámetro (Arriba)

un plasma sinusoidal con perturbación pinch en 6.5 µs. (Abajo) Formación de toroides aplanados desde la onda inicial a 9.5 µs. Los anillos de la figura de abajo aparecen cortados, pero presentan una forma común. (Los Alamos Plasma Physics, P-24).

VI. Evolución de los toroides de columnas plasma

De 2 en 2, las fuerzas electromagnéticas sobre los toroides del grupo, visibles en la Figura 8, presentan un alto grado de atracción, repulsivas en rango corto o de fuerza libre (fusionadas) [31]-[33]. Sin embargo, en gran cantidad, las fuerzas repulsivas y atractivas tienden casi aplanar a los toroides superiores e inferiores. Esto es ilustrado en el lado izquierdo de la Figura 9.

Esta Figura muestra una radiografía de un plasma *pinched*. La impresión superior es una columna de plasma con perturbaciones sinusoidales *pinch* en la etapa primaria. En la parte de abajo, se observa que estas ondas convergen rápidamente hacia adentro por una presión magnética intensa propia de los toroides aplanados.

Las radiografías de la Fig. 9 son secuenciales, medidas en el régimen de rayos X entre 6.5 y 9.5 µs tras la formación de la columna. La corriente total conducida a través de una columna de 4 cm fue 16 MA. Los toroides inferiores parecen estar fotográficamente cortados, aunque la imagen no presenta alteraciones.

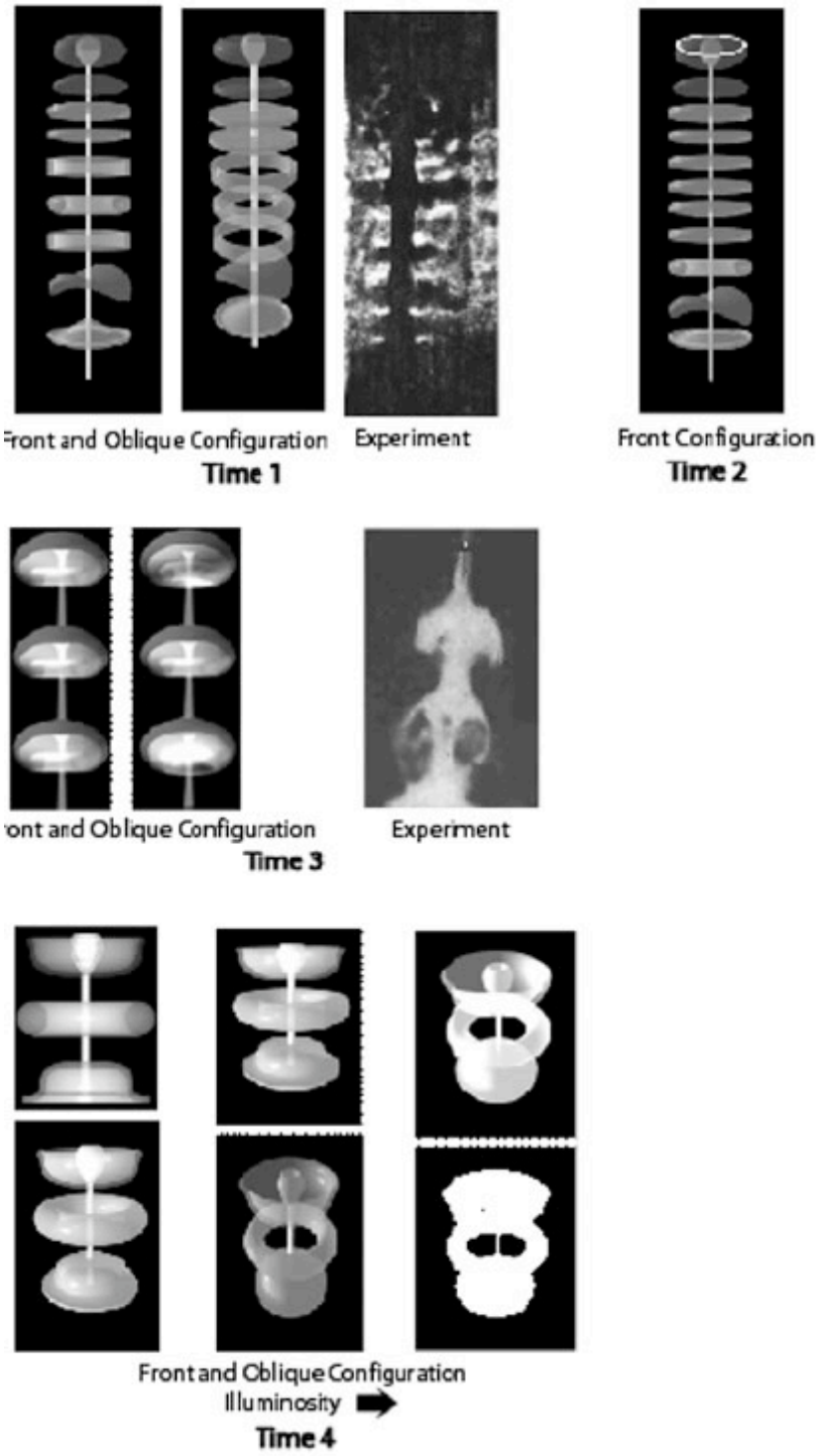


Figura 10: Secuencia de tiempo, derivada de una radiografía, donde se observa un conjunto de toroides multi-megamperes en la fase de estabilidad no-lineal alta. La sucesión se genera a partir de una fase previa no-lineal, donde las ondas pinch de la superficie exterior han mutado en toroides de forma cuadrada, plegada y torcida. Las figuras fueron extraídas desde una selección de sombrafías de láser y fotos de Schlieren. La secuencia avanza desde la izquierda a la derecha y de arriba abajo.

El conjunto de datos experimentales es una secuencia de completa de la evolución de un *Z-Pinch*. Los gráficos de simulación y capturas radiográficas seleccionadas han sido reunidos en la Fig. 10, siendo la última una secuencia de tiempo de un conjunto multi-megamperes de toroides en la fase de inestabilidad no-lineal alta. El tiempo corre desde la izquierda a la derecha y de arriba a abajo. La columna de plasma conductora mostró comenzar a partir de una fase no-linear previa, donde las ondas *pinch* de la superficie externa se han convertido en toroides de forma cuadrada, plegada y torcida. Como se muestra en tiempo 1, el máximo números de toroides son aquellos de la envoltura esferoide externa inicial, es decir, nueve.

Sin embargo, al crecer la corriente, los toroides son sometidos a presiones propias y vecinas, produciendo deformaciones dramáticas. En los datos representados arriba, la mayoría de los toroides se pliegan, adoptando una forma similar a la de un bulbo. El tiempo 2 ilustra el aplanamiento de todos los toroides tal como se muestra en la Figura 9 (abajo, derecha). Con una corriente en aumento, los toroides se tuercen violentamente y producen rizos bien definidos con vórtices en sus bordes.

Los cantos de los vórtices se enrollan formando un espiral. En algunos casos, esta deformación aparece de forma plana o cuadrada, tal como el toroide aplanado. Los extremos del vórtice se curvan hacia adentro y afuera, hacia arriba y abajo según el flujo de la corriente. Se ha observado la formación de estructuras similares a un hongo, como se muestra en las imágenes centrales, (Tiempo 3). Para una corriente aumentada en tiempos posteriores, los toroides centrales son forzados a fusionarse, reduciendo su número, lo cual es observable en el tiempo 4. El toroide central puede ser tubular, plano o esferoidal. En este tiempo también se ilustra el efecto de la luminosidad sobre la morfología observada.

VII. Patrones de ondas de choque hidrodinámicas provenientes del impacto auroral y las cortinas de plasma colisionadas en la atmósfera superior

El circuito eléctrico auroral es lejos el más conocido de todos los circuitos de plasma espacial [34], [35]. Deriva de un gran número de mediciones en la magnetosfera e ionosfera. Cerca de 100 km encima de la más baja atmósfera, una serie de capas de plasma forman la ionosfera. Las auroras ocurren en la porción más baja de la ionosfera, principalmente desde los 90 a 150 km, como resultado de la interacción de electrones con moléculas excitadas en la atmósfera superior.

Al parecer, el hombre prehistórico en las latitudes nórdicas a menudo comparó los patrones producidos, con las embestidas de los cuernos de una cabra en combate [3]. Las corrientes de flujos hacia el interior son relativistas (partículas que se aproximan a la velocidad de la luz) y esporádicas, produciendo un choque de alto Mach en los interfaces en la columna plasmática de corriente intensa (Figura 4). Además de los flujos de partículas verticales esta el fenómeno de choque superficial, producido por la repercusión de la caparazón externa con la interior, formando una aurora extremadamente intensa cuando la corteza externa se estanca en la principal columna de plasma.

Al principio subsisten un número de superficies sin perturbaciones, las cuales son susceptibles a inestabilidades de *shock* inducidas, que fueron resumidas por Zel'dovich y Razier [36]. Por ejemplo, la superficie del cilindro externo mostrado en la Fig. 4 logra cerrarse entorno a la superficie del cilindro interior, cuya aceleración interna ha sido detenida por el plasma que comprimió.

El estrato atmosférico superior es otra superficie susceptible a inestabilidades por *shock*. En estas capas observamos hoy las membranas aurorales e inestabilidades de pulsos eléctricos esporádicos, de alta intensidad, que viajan a través de la columna auroral.

En una interfase planar de gas o plasma, un pulso de choque inicia una serie de inestabilidades hidrodinámicas que difieren de la inestabilidad de una columna plasmática. En hidrodinámica, estas son las inestabilidades de Richtmeyer–Meshkov anotadas por Budzinskii and Benjamin [37].

Inicialmente, una perturbación pulsada en un estrato más denso causa ondas sobre este, que se desarrollan rápidamente en formas tales como puntas separadas. Entonces, estos rasgos o "puntas" evolucionan como se muestra en la imagen superior de la Figura 11, la cual muestra una simulación de laboratorio de la evolución en el tiempo de un estrato ionosférica, golpeado por un pulso de Mach 1.2 (el tiempo aumenta de izquierda a derecha y de arriba abajo) [38].

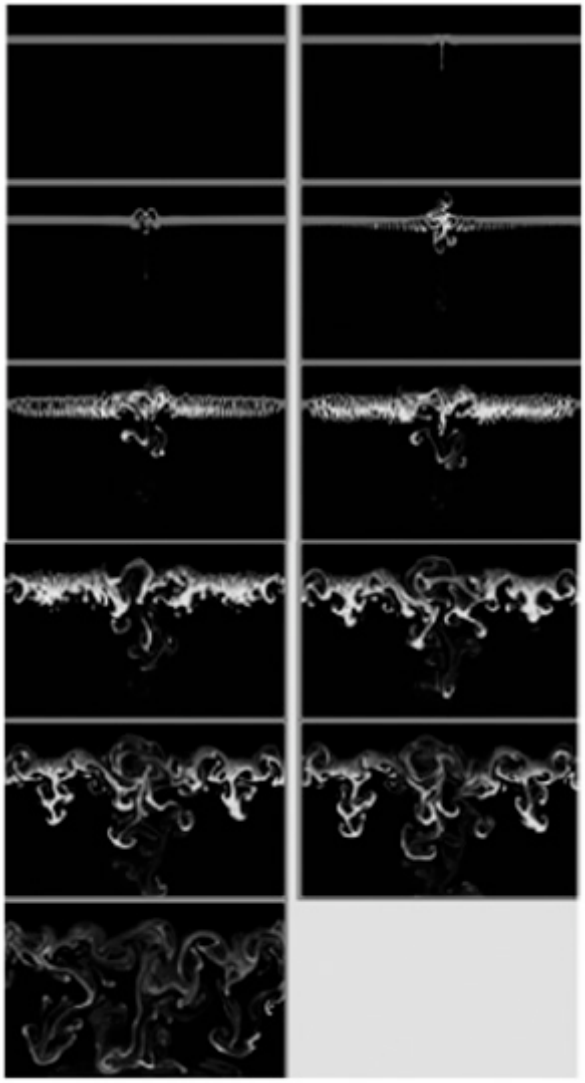


Fig. 11. Evolución temporal de un estrato ionosférico golpeado por un pulso de 1.2 Mach. El tiempo aumenta de izquierda a derecha y de arriba abajo. (Cálculos RAGE, R. Weaver, Laboratorio Nacional de Los Alamos)

Como se muestra en la secuencia, el impulso de choque causa que puntas aun más inestables muten en formas más complejas. El rasgo más representativo, es decir, el punto de impacto, presenta un cambio apreciable, donde pasa del perfil de puntas inicial a un triplete de morfologías asociadas con un crecimiento acelerado de la inestabilidad.

VIII. Descargas eléctricas asociadas con corrientes aurorales intensas

a) Relámpagos

Fuertes descargas eléctricas asociadas con partículas cargadas por un rápido influjo. Este es el

relámpago visto más a menudo en conexión con descargas atmosféricas, cuya manifestación corresponde a descargas lumínicas accidentadas y complejas observadas en el cielo, que son acompañados por el sonido de la onda de choque.

b) Heterómeros

Kukushkin y Rantsev-Kartinov, del Instituto Kurchatov, Moscú, Rusia, encontraron que, basado en el análisis de dimensión fractal de datos experimentales de plasma pinches, aquellos que conducen corrientes eléctricas presentan una media fractal aleatoria. El módulo básico de este medio fue identificado por Kukushkin y Rantsev-Kartinov, y resulto ser un plasma eléctrico filamentoso elíptico casi cerrado, denominado heterómero [40].

Figura 12. Configuración de heterómero *Los heterómeros están acoplados simultáneamente a través de una filamentación autosoportante y de largo alcance, con lo cual se forma una red filtrante dinámica con disipación. Entonces, se documenta que los heterómeros pueden incluir grupos similares a filamentos, células, o burbujas.*

Los heterómeros tienden a repetir un patrón incrementado las dimensiones más pequeñas de forma aleatoria. La tendencia de los heterómeros es representar visualmente un plasma fractal azaroso de auto repetición y patrones traslapados.

IX. Petroglifos

Los petroglifos; es decir, el grabado de imágenes sobre la roca, por siglos, si no milenios, han desconcertado y a la vez inspirado a historiadores, arqueólogos, antropólogos, chamanes, cultos religiosos e incluso a algunos astrónomos [41]. Estos pueden ser encontrados en todos los continentes, excepto en la Antártica. Mientras que algunos son sólo unos leves rasguños sobre la superficie de la roca, otros son tallados profundos.

Las disciplinas relacionadas suponen que los petroglifos, también conocidos como “arte rupestre”, pertenecen al pleistoceno y paleolítico, pues de esta época datan las rocas más antiguas marcadas por la especie humana. Aunque el fechado de los petroglifos ha tenido una alta prioridad para quienes los estudian, no existe consenso de un tiempo absoluto que pueda ser asignado a algún petroglifo precolombino.

La diferente exposición a los elementos lleva a una variada durabilidad, coloración de la pátina sobre las piedras (una combinación natural de magnesio, oxido de hierro y minerales arcillosos) y también al crecimiento de líquenes. El descubrimiento de Mesa, G., y Mesa, R., [41] cerca de un metro bajo tierra, de sitios horizontales de petroglifos en las cercanías de Santa Fe, NM, puede dar la mejor indicación de la edad de algunos petroglifos. Remanentes de fogatas de algunos centímetros sobre los petroglifos sugieren que la antigüedad de estos sería de al menos 4.000 años. Este artículo se limitará el estudio de petroglifos que se encuentran en el rango de edad que va desde 10.000 a 2000 antes de la era cristiana.

Alexander von Humboldt, pionero en el reconocimiento de la importancia social de la información contenida en los petroglifos, mientras exploraba entre 1799 y 1800 las anomalías hidrodinámicas de Casiquiare, un canal natural que une el Rio Orinoco, de Venezuela, con el Rio Negro de la cuenca amazónica, encontró petroglifos en el curso superior de un acantilado, lo cual intensifico su defensa de la idea que la civilización precolombina, lejos de ser primitiva, era el remanente de alguna antigua y compleja sociedad suramericana.

Simultáneamente, con la exploración de Humboldt que abarcó América Central y Sur, Rusia, y China, la expedición de Lewis y Clark generó nuevo conocimiento sobre horticultura, antropología, geología y geografía del noreste americano. El 23 de abril de 1806, ambos montaron su campamento en el Río Columbia, entre los Rápidos de Four O'clock hacia el Este, y las dunas de John bar al Oeste, cerca de lo que fue llamado Rocas Hieroglíficas. Según Wilkes, "*encontraron las Rocas Hieroglíficas a unos 13 km de su campamento. Estas miden cerca de 6 metros de altura, y sobre ellas se supone están registrados la escritura de algunas tribus antiguas"* (44).

Cerca de 100 años después, Col. G. Mallory, en 1882-1883, informó en un trabajo titulado "Pictografía de los indios norteamericanos, artículo preliminar", opinó muy diferente sobre los petroglifos [45]. De hecho, el título de su último trabajo está lejos de ser muy modesto. Este es probablemente el estudio más detallado sobre los petroglifos del mundo.

Mientras se extiende el trabajo de Mallory de una manera sin precedentes, la interpretación del fenómeno es totalmente consistente respecto a la percepción que se tenía hacia 1880 en el oeste americano sobre los "indígenas" y otros pueblos "primitivos". Por ejemplo, en la introducción de su trabajo, Mallory parafrasea a sir F. Bacon al decir que *"los cuadros son historia muda"*.

Mallory asignó varios significados a los petroglifos que podrían ser concordantes con las creencias de los colonizadores del oeste o los americanos nativos de la época. Sin embargo, la interpretación de los petroglifos de Mallory como imágenes mentales es un concepto que permanece hasta hoy. Su inquietud con atribuir este concepto a los petroglifos está, probablemente, mejor ejemplificada en sus declaraciones: *"La excepcional altura de algunos petroglifos ha despistado a autores de muy buena reputación, así como a los nativos. Los petroglifos frecuentemente aparecen sobre la cara de las rocas a alturas y bajo condiciones que hacen que su ejecución sin aparatos de la civilización avanzada sea imposible"*.

Así, tal como Humboldt, Mallory quizá adhiere inconscientemente a la idea de que los petroglifos son sólo rayados ceremoniales primitivos.

X. Información de los petroglifos

La información mostrada aquí es tomada desde un banco de datos que contiene varias decenas de miles de fotografías digitales de petroglifos, muchos con las posiciones de longitud/latitud (GPS) y orientación respecto al más probable campo de vista.

En el sureste y noreste de EE.UU., los datos fueron recabados por 2 equipos de físicos, geofísicos, empleados de oficinas de Land Management, estudiantes, y administradores de sitios de arqueológicos. El permiso fue obtenido tanto desde el Departamento de Energía como del Departamento de Defensa estadounidense, para fotografiar sitios de petroglifos no accesibles desde 1943.

Las investigaciones *in situ* permitieron los registros digitales de los petroglifos, anotaciones del terreno y orientaciones espaciales y también mediciones de GPS. Todas estas fueron llevadas a cabo en Nuevo México, Texas, California, Utah, Arizona, Nevada, Colorado, Óregon, Idaho, Washington, British Columbia y Canadá.

Los datos conocidos acerca de otros sitios ricos en petroglifos en el oeste medio y noroeste de los EE.UU. son también incluidos, y generados por Loring y Loring, Thiel, Schaafsma, y Younkin [47]-[50].

La metodología incluye determinaciones de las orientaciones más probables, la posición ocupada, terrenos u obstáculos locales, y grado de cobijo más probable disponible para quien realizó el grabado.

El autor da especial atención a los petroglifos más complejos, tallados más profundamente o dibujados con precisión (algunos, después del tallado fueron pulidos y pintados). Otros elementos considerados son desprendimientos de tierras, principalmente rodados masivos que cubren parcialmente paneles de petroglifos; paneles cuyas caras han sido parcialmente resquebrajadas por los elementos, y rocas cuyos petroglifos han sido dañados por la trizadura o separación de ésta. El acceso a estos sitios desde lugares habitados y toda la accesibilidad o inaccesibilidad a los petroglifos completaron el sondeo.

Mundialmente, la mayoría de los datos de petroglifos digitales fueron adquiridos desde los siguientes lugares y países y desde regiones colindantes a estos: África, Argentina, Arizona, Armenia, Afganistán, Australia, Azerbaiján Bolivia, Borneo, Brasil, California, Canadá, Islas Canarias, Central América, Central Asia, Chile, China, Colorado, Colombia, Republica Dominicana, Isla del Este (Isla de Pascua, Chile), Ecuador, Egipto, Inglaterra, Etiopia, Francia, Alemania, Gibraltar, Grecia, Guyana, Hawai, Idaho, India, Indonesia, Irak, Islandia del Norte, Israel, Italia, Cachemira, Corea, Malta, México, Macedonia, Malta, Minnesota, Valle

Mississippi, Marueco, Namibia, Nevada, Nueva Caledonia, Nueva Guinea, Nuevo México, Nicaragua, Noruega, Okinawa, Oklahoma, Oregón, Pakistán, Panamá, Paraguay, Pensilvana, Perú, Portugal, Rusia, Escocia, Siberia, Sudáfrica, España, Sri Lanka, Suecia, Suiza, Tahití, Tíbet, Emiratos Árabes Unidos, Uruguay, Utah, Uzbekistán, Venezuela, Estado de Washington y Yemen.

La mayoría de estos datos fueron contribuciones de residentes locales o de personas que poseen información recopilada en dichos lugares [51], [52].

Finalmente, los datos son catalogados de acuerdo a su morfología; se levantaron modelos computacionales en 3 dimensiones a partir de los mapas topográficos escaneados. El resultado de esta investigación, implica el más probable campo de visión de quien realizó el grabado al diferenciar petroglifos y esbozar la oblicuidad inherente en el dibujo. Los datos muestran que los petroglifos tienen una orientación preferente sobre una base general mundial y sobre el tipo de morfología, e indican que ellos probablemente son reproducciones del fenómeno plasma en el espacio. Estos resultados serán expuestos en otro reporte.

XI. Información contenida en petroglifos

Los petroglifos son imágenes dibujadas sobre roca a través del tallado o de punciones sobre la superficie externa para exponer el interior de esta. En general, la superficie de las rocas, independiente de la composición química, están cubiertas por un delgado estrato llamado pátina. Esta pátina se crea naturalmente por la exposición de las rocas a los elementos: lluvia, nieve, luz del Sol, y radiación extra-galáctica, tal como la interacción de rayos gama sobre la superficie con sal y minerales, y la uniformidad de la estructura cristalina de la roca, lo cual produce un oscurecimiento de la capa externa de la piedra; un baño natural de minerales de arcilla, manganeso y óxidos de hierro.

Figura 13: Panel de petroglifos, Arizona, EE.UU.

La humanidad prehistórica cinceló la pátina y expuso la superficie original de la piedra, creando

así la imagen de un petroglifo. Los paneles de roca volcánica fueron los más fáciles de trabajar. Sin embargo también fueron usados grabados en otros materiales. Un modo frecuente de registro era el uso del "petroglifo rayado", en el cual se utilizó roca más pequeña y afilada para dibujar motivos [50].

Los pictogramas catalogados en este artículo tienen de igual forma que los petroglifos. Su proceso de manufactura implicó el uso de pinturas en lugar de tallados. Otros objetos de la antigüedad: estatuillas, alfarerías y estructuras son también ubicados en esta categoría. La delineación es presentada en un artículo adicional.

Aunque se pueden encontrar petroglifos de manera aislada, más a menudo se encuentran agrupados por cientos o miles en sitios selectos (Figura 13). Algunas veces la misma roca ha sido nuevamente grabada con más de un dibujo. La apariencia de tales sitios es confusa, asemeja aparentemente una organización al azar de figuras dibujadas de manera rudimentaria: animales, gente, antropomorfos irreconocibles y diseños abstractos o simbología (una "rica colección" de petroglifos consistente en varios cientos o miles de figuras.)

Los petroglifos pueden ser encontrados en lugares fácilmente accesibles o en ubicaciones altamente escarpadas. Generalmente, el descubrimiento de un petroglifo resulta en el rápido reconocimiento de docenas o cientos más. Este artículo sugiere una lógica para petroglifos que son tallados en ubicaciones difíciles o especializadas en rocas cercanas, en ubicaciones fácilmente accesibles; también han sido talladas, por ejemplo, la línea de mira a los polos magnéticos de la tierra y regiones altamente conductoras en la superficie de la Tierra. Actualmente, estos son los criterios de una aurora intensa: su aspecto en los polos magnéticos y el daño eléctrico subsecuente a las trayectorias de ductos, tales como el oleoducto de Alaska [6]. Una imagen común entre los petroglifos es la figura de descarga similar al relámpago.

XII. Asociación de petroglifos con una aurora intensa

El estudio de la aurora ha requerido reunir toda la información posible acerca de los influjos de partículas desde el espacio exterior y su efecto sobre el espacio terrestre, el entorno plasmático y la atmósfera superior. Como tal, la aurora resulta un estímulo para que los recientes avances de laboratorio se apliquen en importantes procesos relativos a la física de plasma. Sin embargo, el propósito de este artículo no es ningunos de esos, sino un intento por explicar cómo la humanidad prehistórica pudo haber registrado en las rocas este fenómeno (algunos de los cuales incluso no han sido documentados de manera experimental sino hasta hace pocos años) de manera precisa, sistemática y en períodos temporales aparentemente confiables.

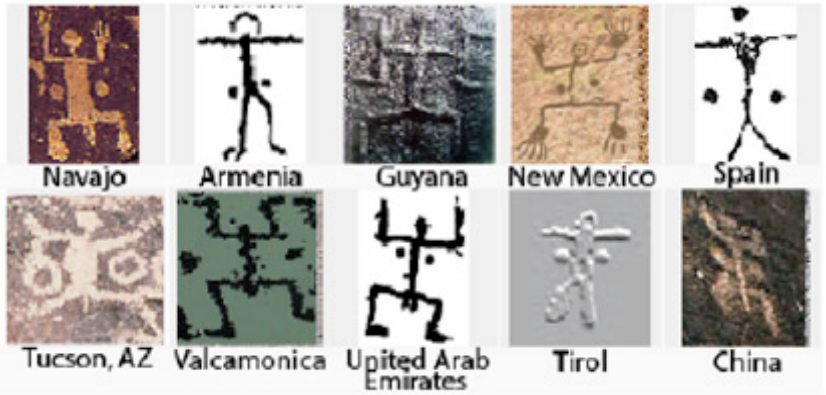


Figura 14: Petroglifo antropomórfico denominado "encuclillado". La ilustración muestra unos inusuales encuclillados de "doble-punto"; aquellos que tienen dos puntos en cada lado de la sección media. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Arizona del norte, Armenia, Guiana, Nuevo México, España, Tucson Arizona, Alpes Tirolianos, Italia, Emiratos Árabes Unidos y Venezuela

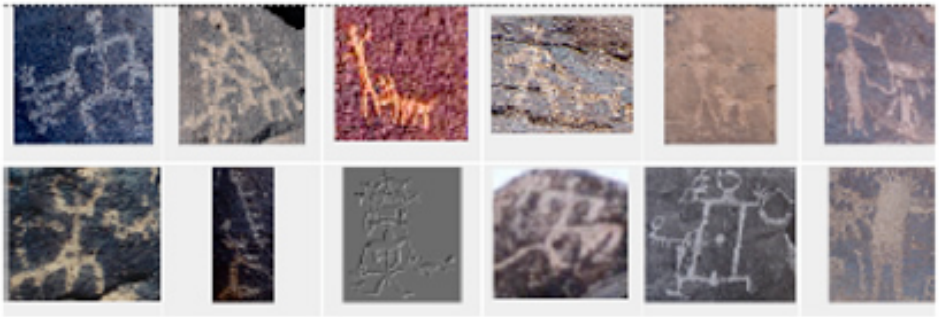


Figura 15: Petroglifos de estilos heteromáticos (muestra pequeña)

Ochenta y cuatro categorías de *Z-pinch* de densidades de alta energía han sido identificadas en petroglifos, casi todos pertenecientes a la clase arcaica [50]. Sólo un pequeño porcentaje de esos petroglifos, o parte de los diseños de petroglifos, no caen dentro de alguna de esas categorías.

La Figura 14 muestra 10 ejemplos de una misma categoría de petroglifos encontrados en todo el mundo: un hombre antropomórfico con un punto en cada lado de la sección media. Aquellos dibujos con o sin puntos laterales, llamados "encuclillados" por coleccionistas de "obras rupestres", son registrados en diversas latitudes.

En grandes paneles rocosos, como el que se muestra en la Figura 13, los petroglifos superpuestos son a menudo heteromáticos: figuras con otras más pequeñas adheridas en su interior o próximas. En la medida que las formas en el cielo cambian, por más de una década, se superpusieron nuevas figuras en las rocas para representar los cambios. De este modo, el análisis de la morfología de petroglifos permite extraer la evolución temporal de una descarga eléctrica.

Una muestra muy pequeña de petroglifos dibujada en el formato heteromático se muestra en la Figura 15.

a) Comparación del fenómeno del plasma con varias morfologías de petroglifos

La Figura 16 es una comparación de imágenes de petroglifos con registros experimentales y computacionales de un plasma *pinch*. Las imágenes de la izquierda son radiografías de los *pinch*; en el medio, una simulación computarizada de alta fidelidad de un plasma *pinch*, mientras que las imágenes de la derecha son selecciones de petroglifos típicos de esta morfología.

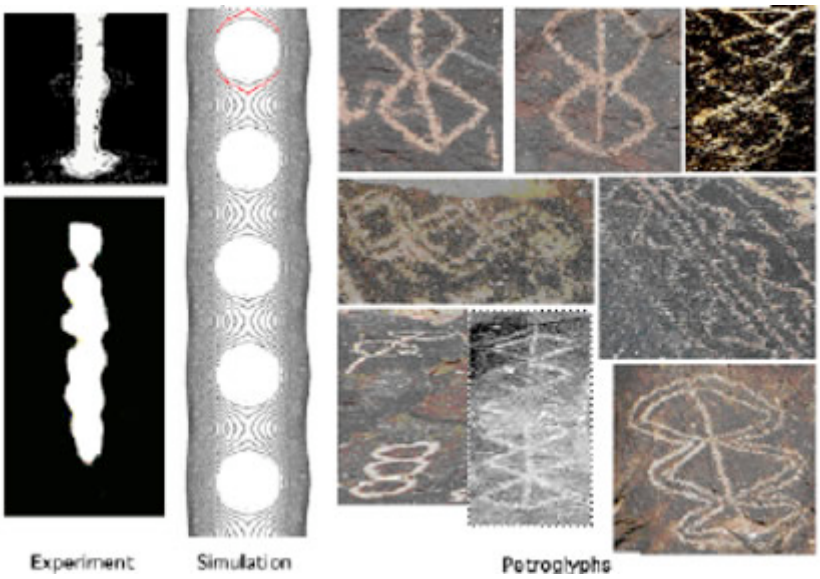


Figura 16: Inestabilidad 'pinch' característica de una columna de plasma. (Izquierda) Fotografía de un plasma de luz temprano. (Al medio) Solución gráfica de las ecuaciones Chandasekhar–Fermi (Derecha) Diseños de petroglifos hallados en todo el mundo.

En la región visible, el conjunto de plasmoides centrales o segmentos de este podrían ser visibles, dependiendo de la ubicación del observador y de la duración y ubicación del pulso de corriente que se propaga por la columna. A causa del tiempo requerido para producir ciertas clases de morfologías de petroglifos y también por la pendiente de la ubicación, se concluye que los petroglifos son realizados durante el día, quizás en el crepúsculo o al amanecer. Esto permite entonces una estimación de la luminosidad necesaria para ver el fenómeno de plasma auroral.

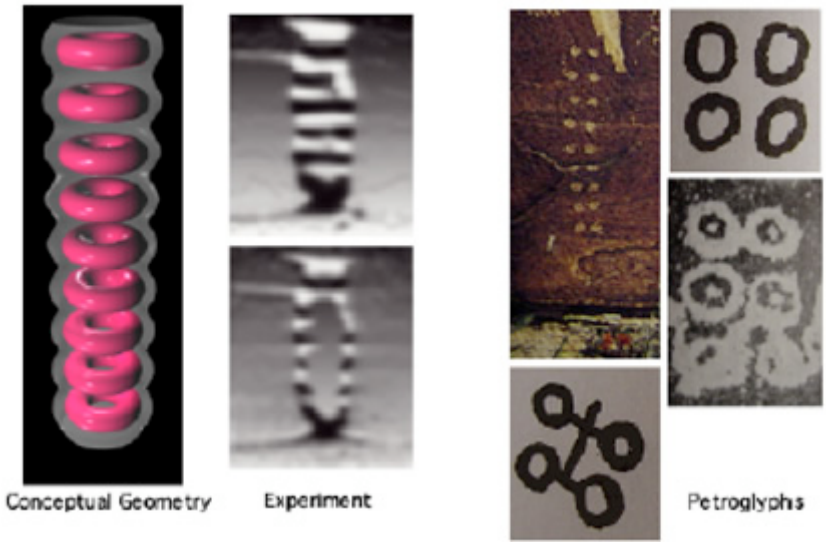


Figura 17: Geometría conceptual de un conjunto de nueve plasmoides producidos en una columna plasmática de alta corriente. (Izquierda) Datos experimentales y conceptuales de un conjunto de toroides, a lo largo de una columna plasmática diminuta. (Derecha) Conjuntos de toroides de petroglifos pintados. Nótese que en la doble hilera de puntos se cuentan 9 de éstos, el número exacto de toroides generalmente producidos en un plasma 'pinch'.

1) *Esferoides*: Los petroglifos de la Figura 16 retratan con precisión los isofotos (contornos de brillo constante) externos de un esferoide, algunos incluyen un núcleo central visible (el núcleo de plasma central no esta dibujados en la simulación). Generalmente, 3 plasmoides son visibles a la vez, pero 8 son poco comunes. Es común también encontrar cortes o modificaciones en área superior de los esferoides.

2) *Toroides Interiores y rasgos circundantes*: Una vista más impresionante que el caparazón exterior de un esferoide debió ser la radiación óptica intensa de los toroides plasmáticos interiores mostrados en la Figura 17.

Los petroglifos hacia la derecha de la Figura 17 son típicos de aquellos comúnmente encontrados en un conjunto de círculos. Uno de estos ha capturado la radiación óptica de los 9 toroides.

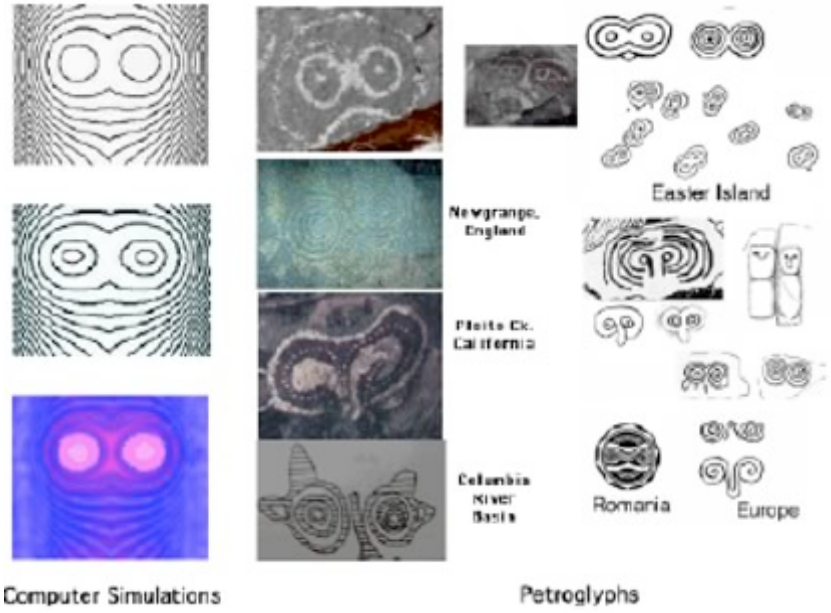


Figura 18: Mascara con nariz y ojos. (Izquierda) Isofotos de parte de la solución gráfica de las ecuaciones Chandrasekhar–Fermi. (Derecha) petroglifo que muestra una mascara con ojos y nariz prominente

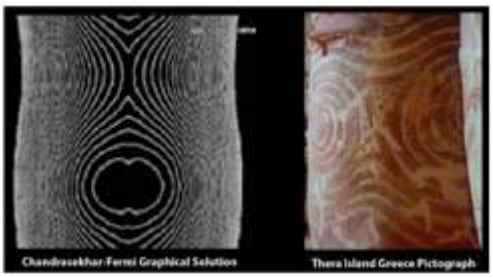


Figura 19: Máscaras de rostros recogidas desde diversos lugares alrededor del mundo. La figura (izquierda) es una parte de la solución gráfica de las ecuaciones Chandrasekhar–Fermi.

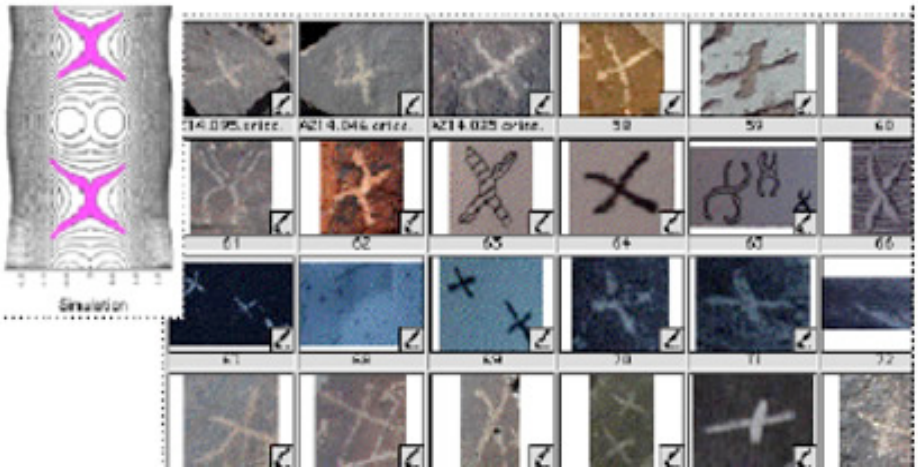


Fig. 20. Campo magnético de separatrices que forma un motivo de cruces
(Izquierda) parte de la solución gráfica de las ecuaciones Chandrasekhar–Fermi.(derecha)

Los isofotos del medio revelan más detalle. Un rasgo totalmente inesperado apareció cuando los isofotos fueron artificialmente coloreados: rasgos de "nariz" y "cejas". Estos se muestran en los petroglifos -también llamados "antifaces"- de la Figura 18. En la Figura 19 se registran las máscaras.

3) *Puntos "X" de las separatrices*: Un apreciable número de petroglifos han captado el patrón de separatrices entre los plasmoides con bastante fidelidad (20) (La gráfica de separatriz "X" no debe ser confundida con petroglifo en forma de cruz cuadrada).

Los patrones completos que contienen la separatriz tipo X son mostrados en la Figura 21 y generados numéricamente desde las ecuaciones para una columna de plasma de Chandrasekhar–Fermi. La diversidad de las culturas que preservan temas comunes en obras rupestres es evidente en los patrones de la separatriz.

Figura 21: Patrones de separatrices documentados en varios lugares del mundo.
La figura superior izquierda muestra una parte de la solución gráfica
de las ecuaciones Chandrasekhar–Fermi.

XIII. Evolución de un conjunto columnar de toroides de plasma

En la terminología del "arte rupestre", las imágenes experimentales mostradas en el lado derecho

de la Figura 9 deberían ser clasificabas como “oruga” una “escala”. Estas son reproducidas de nuevo en la Figura 22. La secuencia mostrada corresponde al tiempo de crecimiento de un gran pulso de corriente; esto es, con una corriente eléctrica en aumento.

a) “Orugas” y “escaleras”

La Figura 22 evidencia la geometría conceptual reproducida experimentalmente. Los toroides internos han sido aplanados mientras que en el de más arriba se registra una concavidad, como el pétalo de una flor, generando así un objeto de forma rectangular. El segundo toroide, de arriba hacia abajo, también ha comenzado a curvarse hacia arriba. El incremento de corriente ha empezado a deformar los toros aplanados, generando de este modo unos de forma cónica. La Figura 22 (c) y (d) muestran imágenes de rayos x de un plasma experimental. Más a la derecha se muestra el grabado en petroglifo, conocidos como ‘oruga’ y ‘escala’.

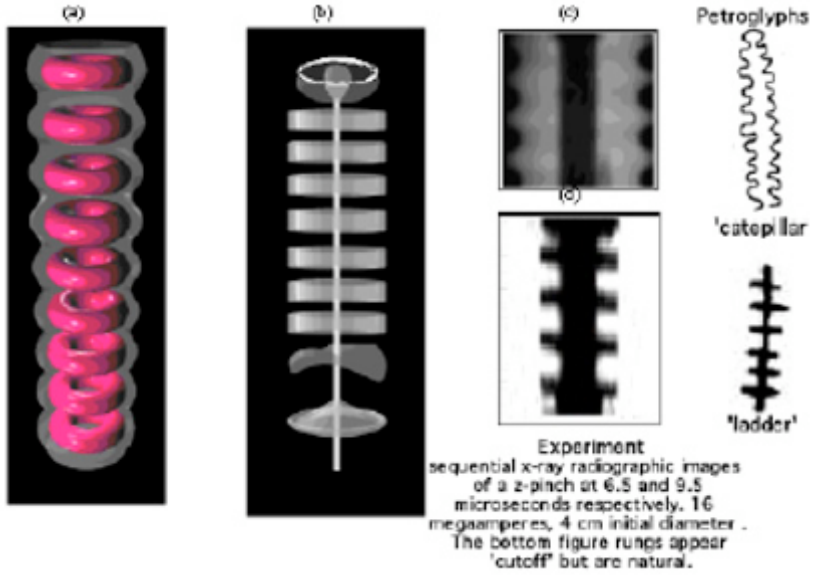


Figura 22: (a) y (b) Geometrías conceptuales de un conjunto de toroides de plasma conductores de corrientes de multi-megamperes. La corriente es creciente de izquierda a derecha, lo cual aplana en el centro a los toroides, a la vez que se curvan en los extremos, como se muestra en (b) (c) la perturbación ‘pinch’ en un plasma sinusoidal inicial. (d) Escala de plasma inducida por una corriente TPSO 136 2 ‘late-time’ de 16-MA. Las analogías en petroglifos correspondientes se muestran en el extremo derecho.

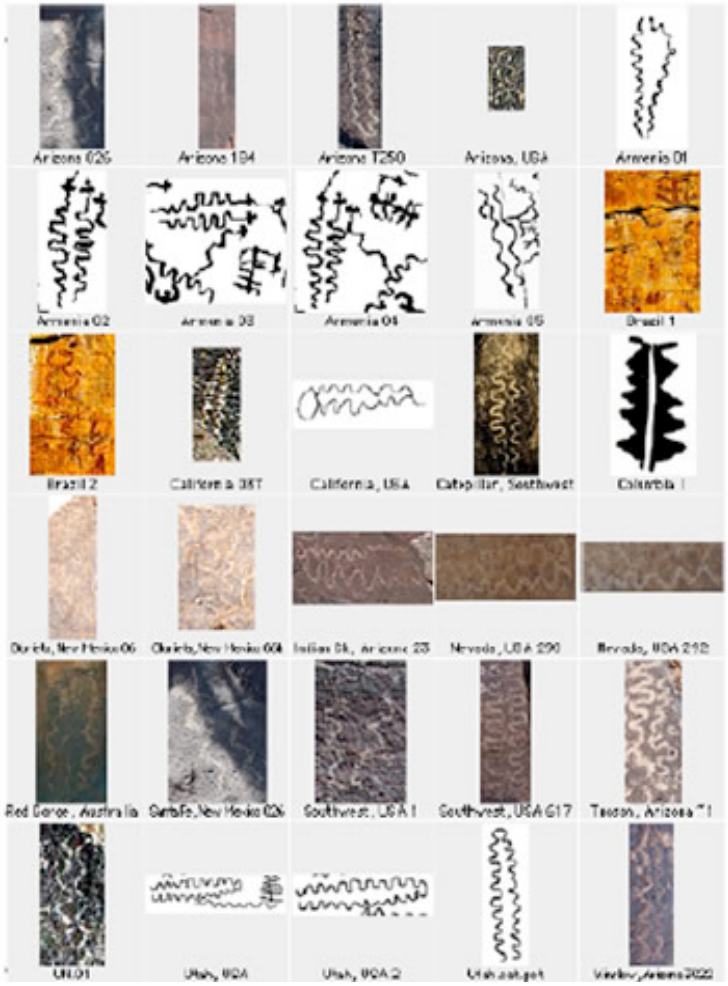


Figura 23: Colecciónde petroglifos de la categoría de oruga.

Las figuras 23-25 son una colección de petroglifos con categoría de orugas y escaleras. Cobra relevancia que las orugas y las escaleras se encuentren asociadas.

Cuando el conjunto de toroides consta de toros esferoidales y aplanados, la radiación óptica es más brillante donde el plasma es más denso, más hacia los bordes de estos. Esto lleva al petroglifo menos conocido pero igualmente común, denominado "*pipeta*" (Figura 26). Todas las pipetas que se muestran en esta figura presentan un par de "ojos" simétricos. Sin embargo, muchos petroglifos evidencian solamente la silueta de una pipeta, sin indicación de puntos u "ojos". En la Figura 27 se observan representaciones experimentales y en petroglifos de estas morfologías de inestabilidades columnarias no lineales descritas anteriormente en la Figura 10.

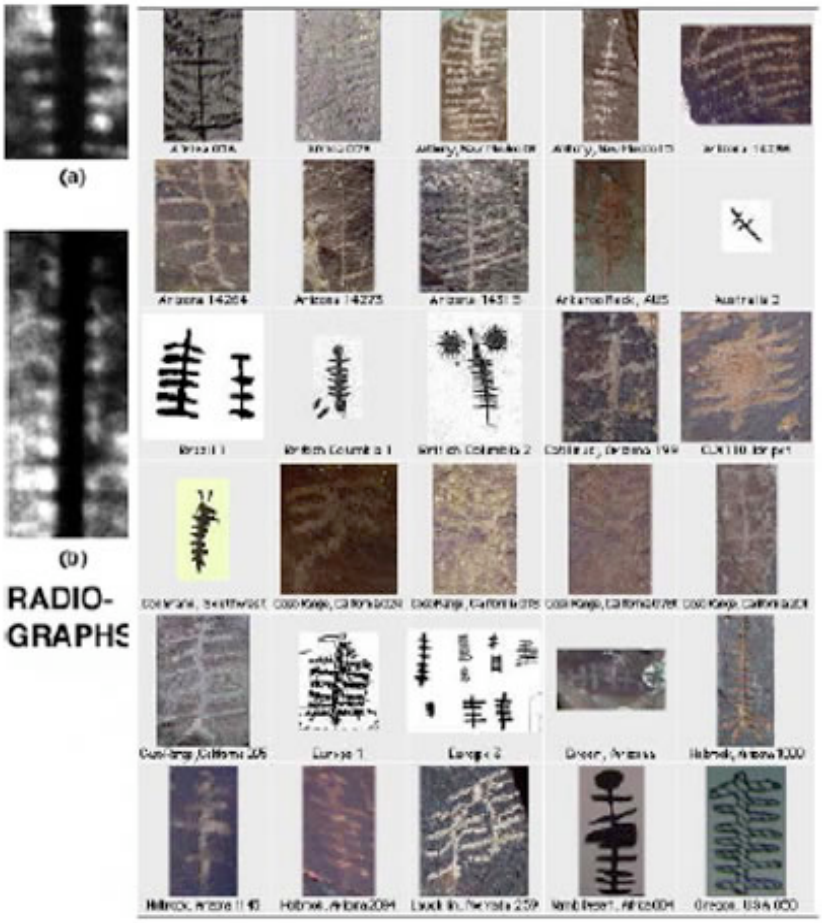


Figura 24: (Izquierda) Diagrama de sombras láser de inestabilidades plasmáticas. (a) Conjunto de toroides aplanados. (b) Diagramas de sombra en tiempo tardío. La punta de los toroides aplanados han comenzado a ondularse, formando vórtices. (Derecha) Colección de petroglifos de la categoría de escalas.

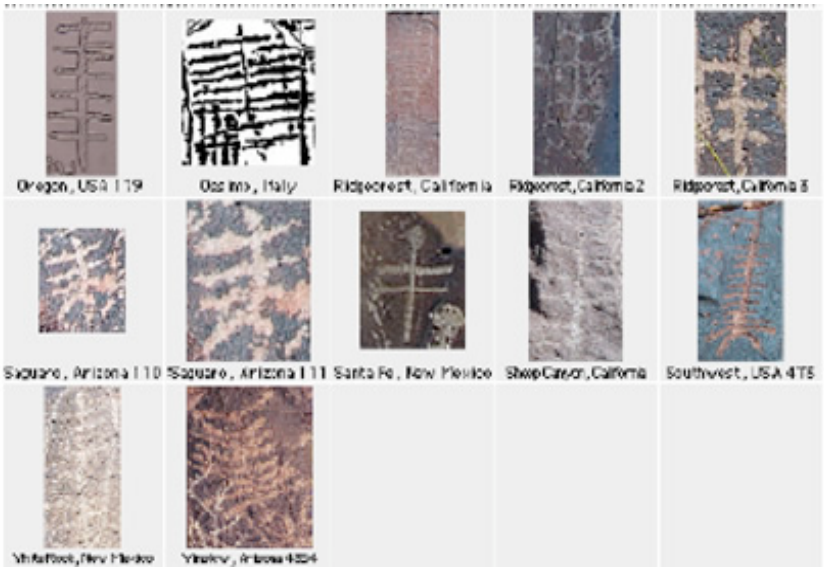


Figura 25: Colección de petroglifos de la categoría de escalas. (Continuación).

Los autores de los petroglifos consiguieron capturar todas las fases de la inestabilidad *pinch* vistas en el laboratorio. Esas fases incluyen la escalera y los toroides elipsoidales cerrados superiores. Algunos muestran los ojos de los toroides esferoidales del fondo aún no afectados por las corrientes de toroides vecinos

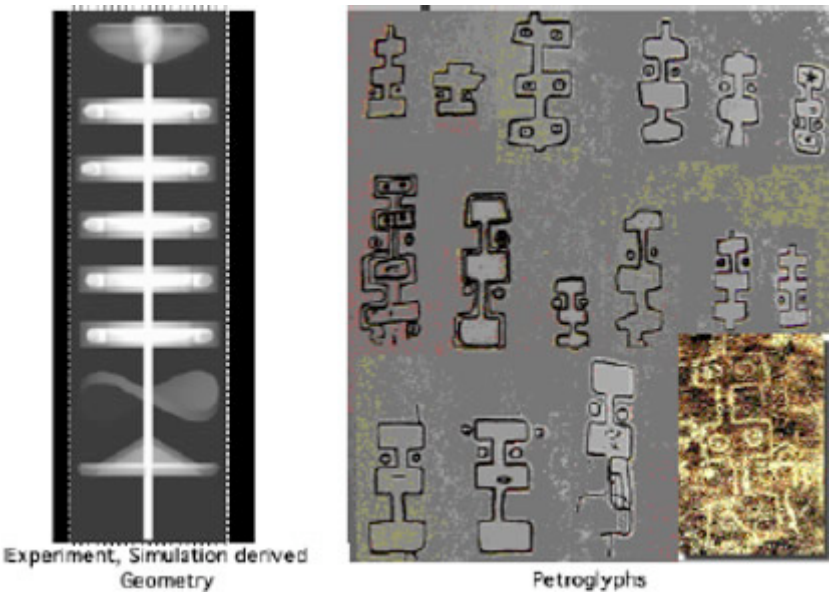


Figura 26: (Izquierda) Propiedades de radiación y morfología de un conjunto de toroides que comienzan a experimentar intensas presiones desde los toroides vecinos. (Derecha) Petroglifos pipetas.

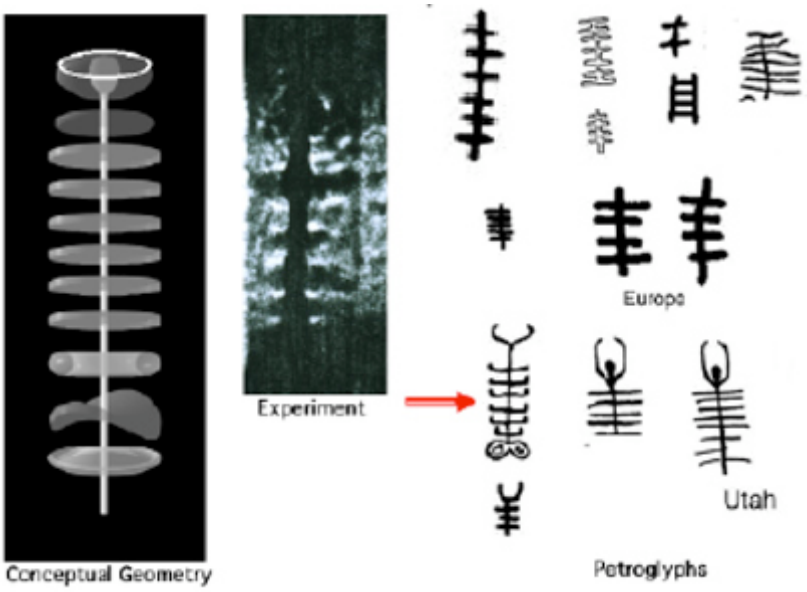


Fig. 27. (Izquierda) Geometría conceptual y gráficos de sombra experimental de un conjunto de toroides corriente-conducente intenso.

Quizás, el rasgo más importante retratado en los petroglifos mostrados en la Figura 27 es la ondulación de los bordes de los toroides aplanados. Este rasgo es suficientemente exacto para que se pueda comparar una representación de la evolución del ondulamiento, directamente con su contraparte experimental. El progreso del ondulamiento o enrollamiento además entrega información relativa al tiempo cuando se contrastan los petroglifos con la información de laboratorio (el escalamiento del tiempo se expone en otro artículo).

b) Vórtices

Con incremento de corriente, los extremos de los "peldaños de las escalas" comienzan a enrollarse y forman un vértice. Con una corriente aun fuerte, los toroides mismos se enrollan como se muestra en la Figura 28.

La figura antes mencionada proporciona la primera evidencia directa de la exactitud con la cual fueron tallados los petroglifos, a pesar de influencias culturales en su interpretación. Los peldaños de escala (corrientes de toroides agrupados por el centro) se representan curvados y doblados, tal como se comportan las imágenes de laboratorio. Los cambios sutiles en los petroglifos que correspondían a las morfologías de la inestabilidad del plasma se han reproducido de manera exacta, incluyendo también, en el orden correcto, la adición de los tipos del toroide.

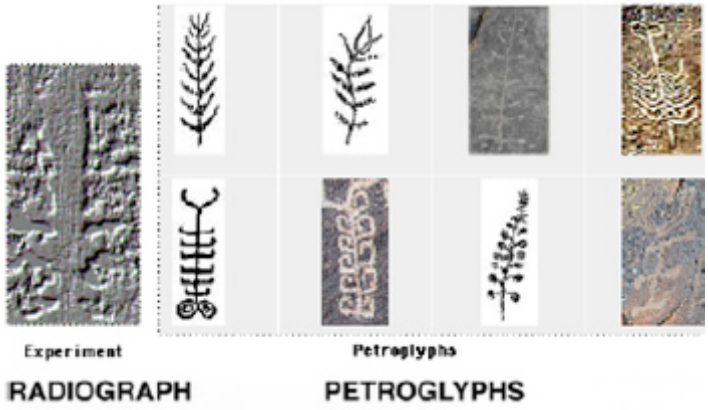


Figura 28: Plasma 'pinch' iluminado desde atrás con láser. La fotografía ha sido estratificada digitalmente para resaltar la curvatura de los extremos en el fondo, toroides aplanados. El cátodo se ubica arriba. (Derecha) colección de muestra de petroglifos que retratan la transición desde la fase de escala de la inestabilidad a vórtices de toroides. (De derecha a izquierda, de arriba abajo) Los ejemplos presentados se han recogido en distintos lugares alrededor del mundo.

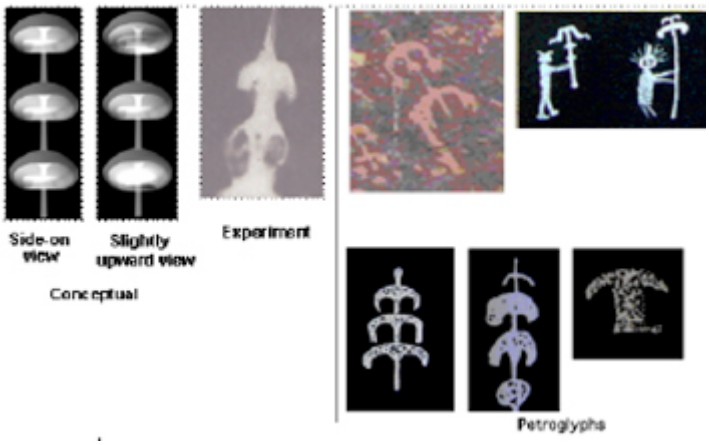


Figura 29: (Izquierda) Formación de un vértice en columnas 'pinch' de plasma de sub y multi-megaamperes. (Derecha) Petroglifos.

En todos los casos, los toroides superiores, el término de una descarga eléctrica, se encuentra efectivamente en la cima de los petroglifos y muestra la transición de una forma tipo *pinch* asociada con los llamados petroglifos escorpión, o un pétalo curvado tal como la parte superior de los toroides se curva y cierra sobre sí mismos. Igualmente han sido retratados la pequeña deformación hacia arriba de un toroide aplanado en el medio de la columna, su eventual curvatura hacia el final del toroide, y el vórtice casi cuadrado que se pliega en nudos. La precisión de estas inestabilidades MHD sugiere que una morfología particular fue vista por los dibujantes de petroglifos durante un período considerable.

c) Deformación de un Vórtice de Corriente Intensa

Más allá del incremento de corriente, los vórtices mutan en una variedad de formas similares a cúpulas y conos. La Figura 29 muestra registros experimentales y en petroglifos de este fenómeno. Las figuras cupulares hacia abajo, conocidas como "hongos", son un tema común en los petroglifos. Las imágenes de la izquierda son información derivada de radiografías, mientras que las de la derecha son petroglifos.

XIV. Universalidad de la inestabilidad plasmática básica

Si una aurora intensa fuera la fuente de objetos brillantes raramente vistos en el cielo nocturno, éstos deberían ser observables en todas partes del mundo. Lo que se hubiera observado depende de una serie de propiedades físicas del embudo auroral -Figura 4-, y de la cola magnetosférica que transporta la corriente. Esto incluye la intensidad de la corriente que produce la inestabilidad, la intensidad y la duración de los pulsos de corrientes esporádicos dentro de una columna de plasma auroral, y de la orientación de una columna sometida a movimientos simétricos no azimutalmente.

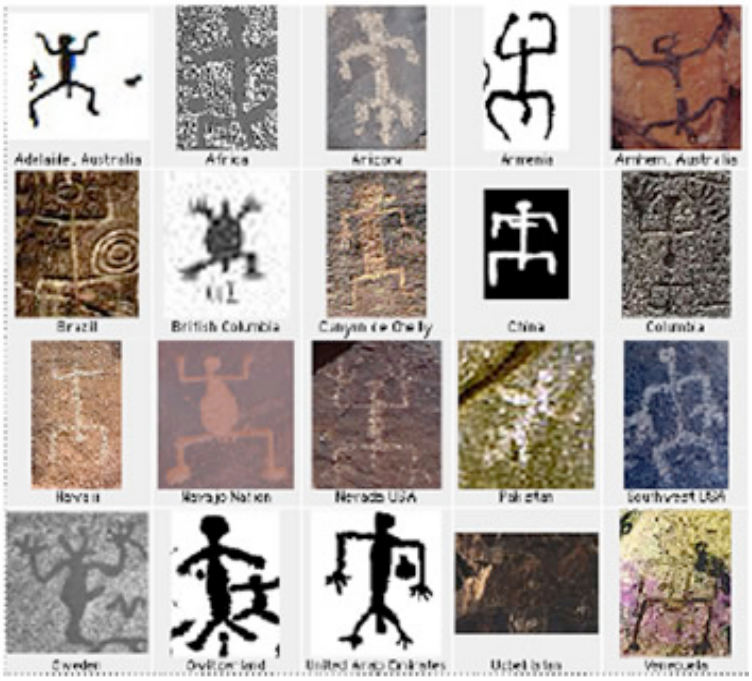


Figura 30: Frecuencia comunes de la mayoría de los petroglifos descritos, el humano encuclillado o antropomorfo.

Mientras las figuras previas sugieren que el fenómeno fue visto universalmente, lo que se pudo ver dependería de la latitud (perspectiva) en la que se encontrara el observador y de si la columna completa estuvo parcial o completamente iluminada.

La Figura 30 es una colección de uno de los petroglifos comúnmente encontrado en terreno: el encuclillado. Generalmente (y lamentablemente) es interpretado como una figura humana o antropomórfica con piernas y brazos volcados hacia arriba, abajo o mixtos. Como tal, ha sido dejada de lado en la búsqueda de petroglifos más exóticos y con formas más realistas. Quizás por esta razón, los petroglifos han sido vistos como historia muda.

En realidad, las formas mostradas en la Figura 30 imitan de manera muy precisa al fenómeno asociado con la más alta liberación de energía conocida, algunas de cuyas formas de inestabilidad no fueron conocidas sino hasta unos pocos años atrás. La Figura 30 también evidencia que esta forma básica fue registrada con independencia de las particularidades culturales o la decoración encontrada en otros petroglifos.

El antropomorfismo mostrado en la Figura 30 posee una serie de variaciones: el “encuclillado” básico; el “encuclillado” con una barra o estomago en la sección media; el “encuclillado” con 1 ó 2 puntos alrededor de la cabeza antropomórfica, a menudo dibujado como orejas extendidas; y la ampliación de la forma básica a reptiles, etc. Las extremidades pueden estar representadas con concavidad hacia arriba, abajo o mixta, dibujadas a veces con 3 dedos en manos o pies.

Quizás no hay modo para estimar la ocurrencia de estas figuras; talladas, picadas, o rayadas en

la roca. Pudo haber existido un número inestimable. Lo que resta de este capítulo examina las variaciones asociadas con las formas básicas, al porqué esta es la forma básica de la inestabilidad.

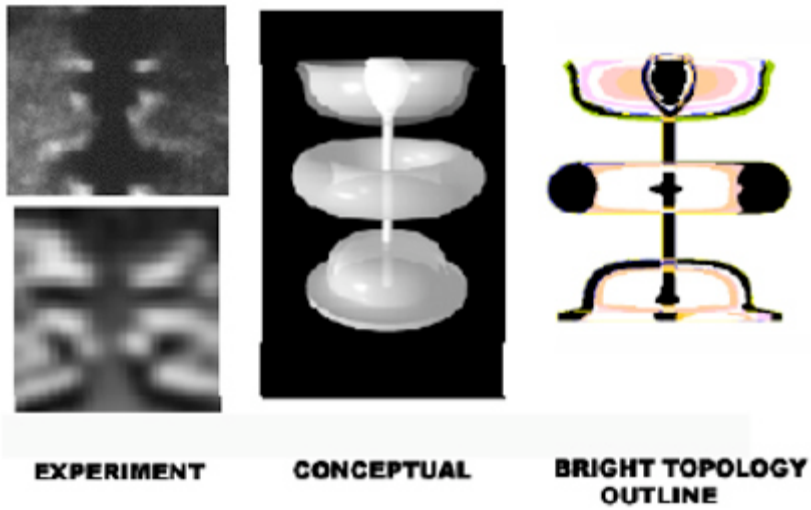


Figura 31: (Izquierda) Perfil de inestabilidad plasmática para sección de una columna de plasma iluminada a pulso. (Derecha) Geometría experimental y de simulación para corriente plasmática extrema en una columna de plasma. La iluminación es más fuerte cuando el plasma es denso; esto es, a lo largo de los bordes de las figuras de abajo y la sección cruzada del toroide central.

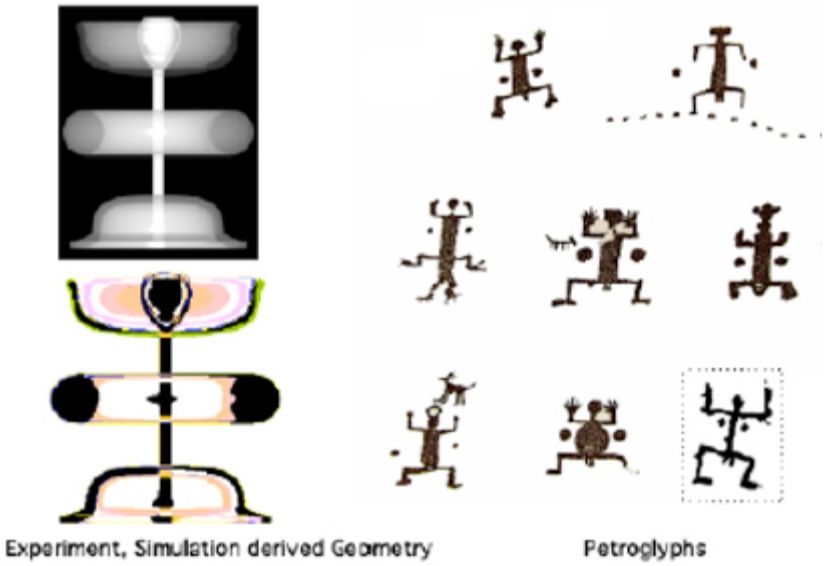


Figura 32: (Izquierda) Configuración y vista seccional cruzada de la descarga de corriente intensa. (Derecha) Petroglifos. Todas son del Oeste de EE.UU., excepto la figura del lado derecho abajo, que es desde Emiratos Árabes Unidos.

a) Formación de la estructura de anillo de corriente azimutal

Además de las inestabilidades de columna auroral de plasma, otro tipo conocido de inestabilidad ocurre con un tiempo de ascenso más lento. A causa de las corrientes azimutales y las poderosas fuerzas interactivas, los toroides aplanados se fusionan para reducir su número aparente. Se presenta la máxima estructura elipsoidal en la cúspide, pero los toroides centrales se combinan para formar un solo toro portador de la corriente azimutal. La geometría para esta configuración se muestra en la Figura 31.

En este caso, la inestabilidad consiste en un electrodo superior que consta con unos pocos toroides que se han plegado y cerrado para producir un bulbo central, una copa hacia arriba (o hacia abajo), un toroide central de plasma, en la base, generalmente una copa toroidal invertida.

Como es un electrodo, el toro copa, en cualquiera de los extremos, puede tomar una serie de formas. Generalmente, el electrodo superior muestra una variedad de patrones. Estos pueden ser como rayos, elipsoidales, triangulares (que puede parecerse a la forma de un pájaro), o terminaciones de corrientes con filamentos múltiples.

En la Figura 32 se observa un conjunto de petroglifos encontrados globalmente, que comparten esta peculiar geometría. Otra variación de la formación de anillo de corriente azimutal son los petroglifos que presentan puntos simétricos, como lóbulos de orejas realzados o puntos simétricos en la extremidad inferior de la figura interpretada.

Figura 33: (Izquierda) Vista seccional cruzada y configuración de la descarga de corriente intensa, vista oblicuamente a la columna de plasma. A la vez, dos o más toroides son vistos en la dirección de la emisión. (Derecha) Petroglifos.

La imagen de arriba, en la Figura 32, es la sección de cruz inestable. El cuadro de abajo ha sido superpuesto con elementos de la inestabilidad plasmática. En la parte superior de la imagen, se pueden distinguir dos toros rodeando el bulbo central. En la parte del medio se observa un toroide, tal como el que se ve en la Figura 32, pero ligeramente curvado. Bajo este, un toro muy aplanado y torcido seguido por la terminación común en la base, con forma cónica o de copa.

Cuando es visto oblicuamente, el toroide resulta obvio y los petroglifos retratados en el lado izquierdo de la Figura 32 son ubicuos (Figura 33). Nótese que el plasma más brillante está en el borde, excepto para el toroide, donde el plasma es más denso y brillante en el interior. Simultáneamente, como el pulso de corriente esporádico viaja a lo largo de la columna de plasma, donde 1, 2 o más toroides son vistos en la línea de emisión. La Figura 34 muestra otra representación más de esta misma clase de petroglifo.

Una perspectiva diferente de esta misma inestabilidad se muestra en el lado izquierdo de la Figura 35. En este caso, la inestabilidad se muestra en un tiempo algo más tardío cuando los toroides centrales han adquirido una forma achatada en el centro (el rasgo central puede ser representado certeramente por un toroide; un toroide aplanado, ya sea tubular o torcido; un elipsoide o ningún toroide aparente).

La visibilidad de la parte trasera de la copa superior se repite en los petroglifos que muestran la misma forma alrededor del bulbo central de plasma. Algunos expresan el círculo central completa o parcialmente cerrado.

b) Luminosidad de la aurora

La luminosidad de una aurora brillante hoy puede ser del orden de 5x10-2 lm por estereorradián por metro cuadrado a 3-10 MA. Sin embargo, una corriente de laboratorio de 16-MA *Z-pinch* (Figura 22), cuando se equipara con una aurora catastrófica, podría ser esperada para producir inestabilidades cuya luminosidad varió en proporción a la corriente dentro de la columna *pinched*. Para este caso, la luminosidad puede crecer a 5 lm por estereorradián por metro cuadrado, saturando así los rasgos de inestabilidad individuales mientras se propagan pulsos de corrientes esporádicos a lo largo de la columna.

Figura 34. (Arriba) Inestabilidad 'pinch' plasma. Cuando fluye una corriente de muchos kilos o mega-amperes a través de la columna de plasma, los toroides (desde ya aplanados) se aplanan aún más y tuercen a la vez. (Arriba) Petroglifos representativos del fenómeno de torción, por ejemplo, como se muestra en el estómago de los "encuclillados".

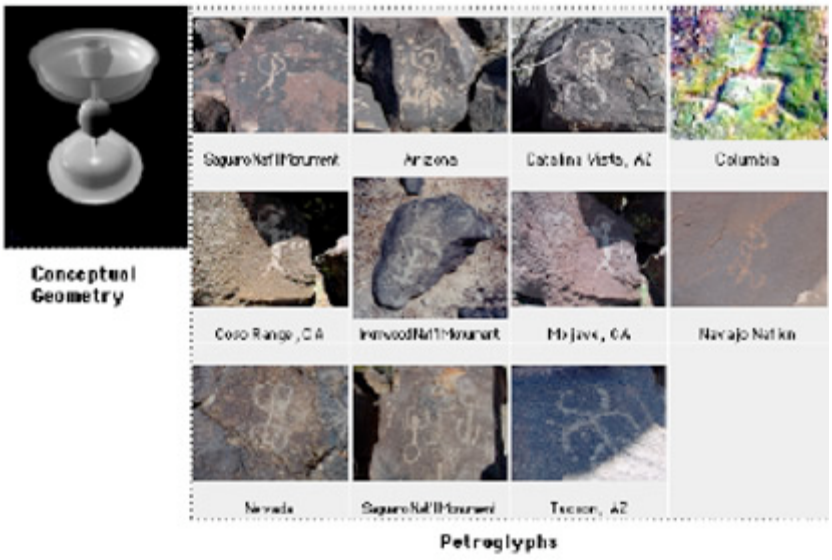


Figura 35: (Izquierda) Vista de una descarga de corriente intense vista de forma oblicua a la columna de plasma. (Derecha) las figuras representan claramente copas en el extremo superior.

Para estas luminosidades, las configuraciones de inestabilidades plasmáticas mostradas en la Figura 33 deberían tomar una nueva apariencia, como es retratada en la Figura 36. Las copas de plasma mostradas a la izquierda de la Figura 36 representan la parte superior de una columna, tal como se muestra en la Figura 32. Es interesante ver que algunos de los petroglifos en el lado derecho de la Figura 36 muestran una equivalencia de una trifurcación plasmática en la parte inferior de las figuras.

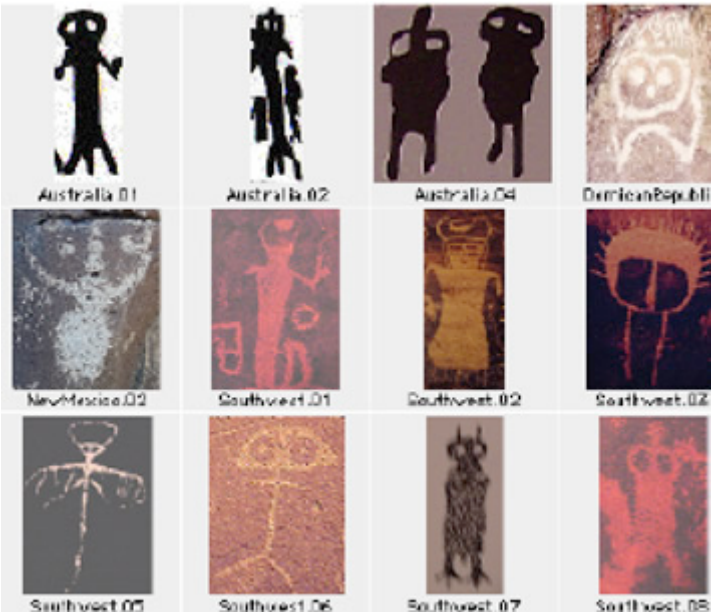


Figura 36: (Izquierda) Inestabilidad plasma brillante, de arriba abajo, luminosidad creciente. (Derecha) Petroglifos. Algunos muestran el cuerpo completo, incluyendo la base trifurcada.

c) Kokopelli

Ninguna descripción de petroglifos estaría completa sin hacer mención a Kokopelli, la figura tocando flauta que ha inspirado, sorprendentemente, historias populares en diversos lugares. Con pequeñas variaciones culturales de la imagen, éstas se encuentran en todas partes del mundo.

La Figura 37 muestra una colección de figuras Kokopelli. Arriba hay 2 ejemplos tomados de una descarga de plasma. Estas figuras son, respectivamente, fotografías en tiempo temprano y tardío de la descarga. Si hay una interpretación subjetiva o no de estas formas, sería el resultado de una pequeña muestra de petroglifos, abajo a la izquierda del lector

Figura 37: Kokopelli. Ejemplo de descargas de plasma y grabados rupestres a través del mundo.

XV. Inestabilidad en membrana de plasma superior y correlación con petroglifos

Las regiones del casquete polar y la cúspide magnetosférica son de forma aproximadamente cónica, como el influjo de vientos solares que soplan hacia abajo. La Figura 2 mostró la geometría total. Como todos los plasmas, las propiedades de la superficie son tanto celulares como filamentosas, e. g., como se ilustró en la Figura 4, al mostrar algo similar a un patrón de diamantes en el cono superior. Las 2 figuras bajo las fotografías del plasma son petroglifos que exhiben esencialmente la misma morfología que el plasma. Algunos petroglifos incluso han capturado de cerca los patrones de diamante y filamentos. Esto es materia de otro artículo.

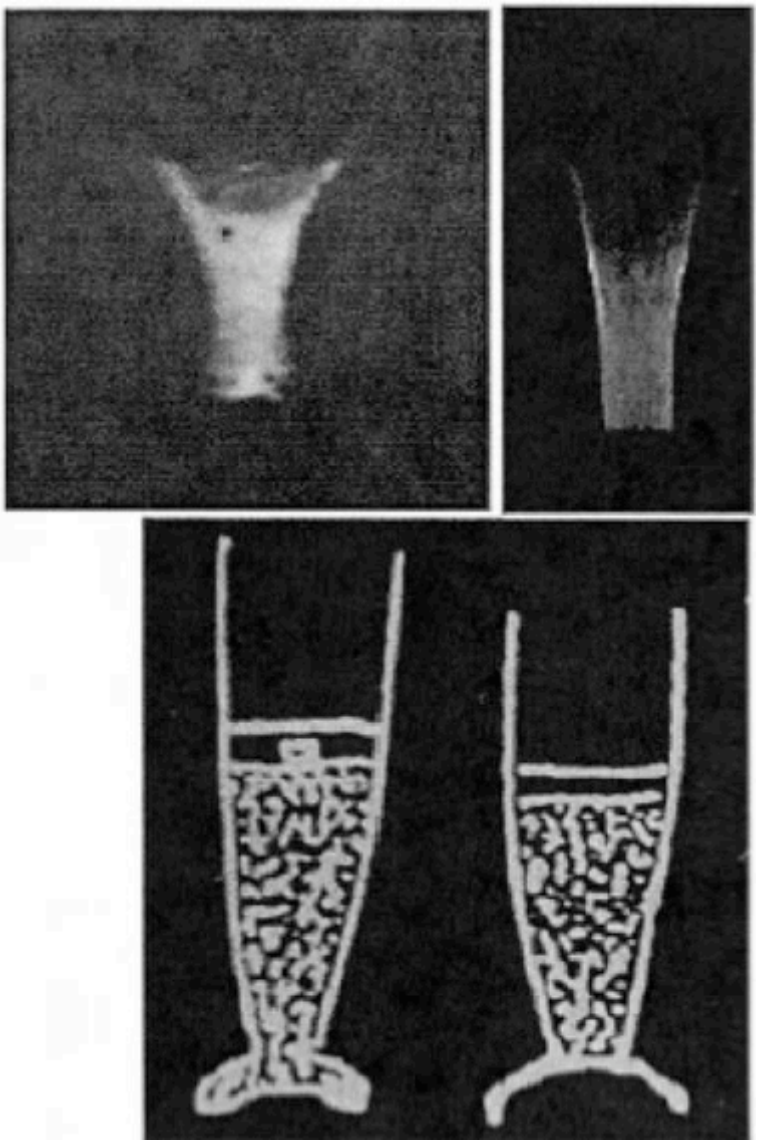


Figura 38: (Arriba) Afluencia cónica de una columna de plasma conduciendo corriente. El flujo va desde arriba hacia abajo. Tres rasgos importantes son ya observables: Dos formas de brazos arriba de la afluencia; estrías en el cuerpo de la columna, y el comienzo de un rasgo plasmático arriba al centro. Estas fotografías experimentales pertenecen a un plasma de 5-MV 3-MA. (Abajo) Petroglifos.

En la Figura 38 se observa la semejanza entre petroglifos y una región de plasma convergente. Son notorios tres importantes rasgos: 2 formas de brazos hacia arriba de la afluencia, estrías en el cuerpo de la columna, y 1 rasgo de plasma arriba al centro. Estas fotografías experimentales pertenecen a un plasma de 5-MV, 3-MA.

a) Copa de Plasma

Tanto la copa, un toroide de plasma deformado, y el regreso de las corrientes, están abiertas a

un número de interpretaciones si son relacionadas con petroglifos. Estas muestran una marcada dependencia del contexto cultural de los dibujantes. Ello puede ser interpretado como un pato, un pájaro, un triángulo o incluso a una cabeza coronada por una trompa de elefante. Si las corrientes se devuelven y son suficientemente brillantes se podría interpretar como una cabeza de culebra o relámpago. La Figura 39 muestra algunos ejemplos tanto de plasma con la geometría del sector superior y algunas interpretaciones similares a pájaros.

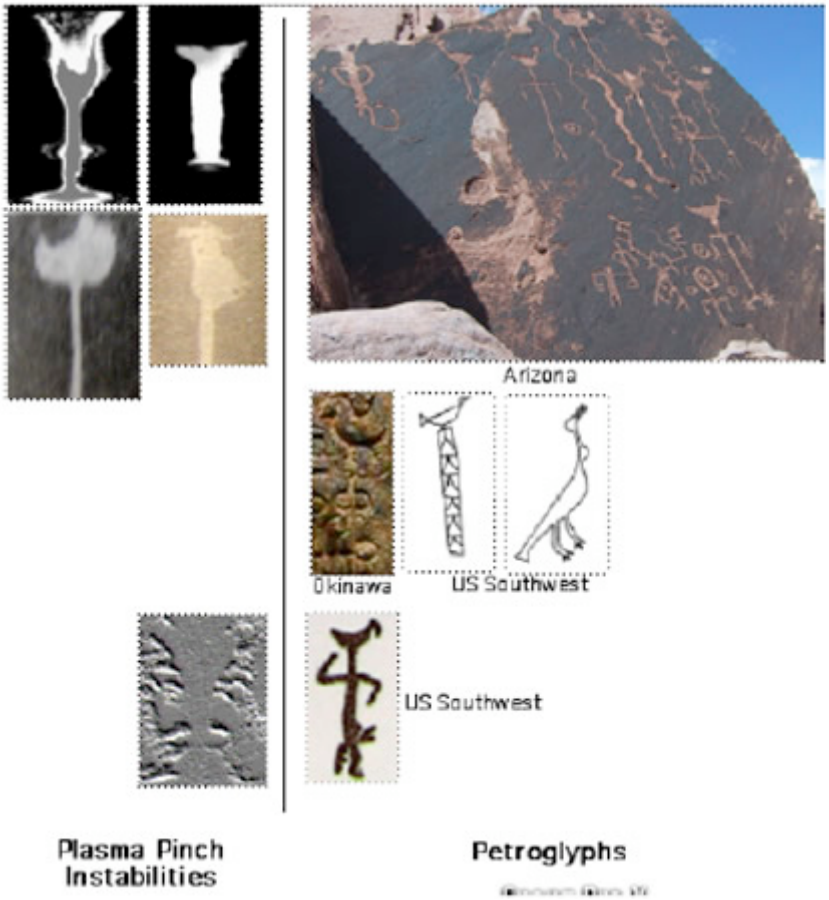


Fig. 39. Petroglifos y datos experimentales. (Izquierda) inestabilidades plasmas pinch. (Derecha) Petroglifos relacionando con pájaros sobre postes y sobre las cabezas de figuras semejantes a humanos. La foto del plasma pinch de abajo ha sido digitalmente resaltada para mayor claridad. El cátodo está en la parte superior.

La Fig. 40 es un perfil de plasma muy común. Dependiendo del achatamiento y la inclinación de la estructura, ello puede ser interpretado como un pato, un barco, el cuerpo de un animal, o un pájaro alargado (por ejemplo Fig. 39), incluso, como un conejo.

Figura 40: Fotografía de plasma experimental de la copa superior de una columna mostrada a la izquierda de la Figura 39. Esta forma puede ser interpretada como un pato, un bote o el cuerpo de un animal dependiendo de la cultura a la cual perteneció el observador. Una pequeña perturbación aparece a 2/3 del camino hacia la derecha de esta figura. En un tiempo posterior, esta característica se transforma en una estructura de descarga elíptica o semejante a rayo.

b) Terminación

Es común que los racimos de plasmas tengan protuberancias muy parecidas a pies, cabezas o colas de figuras antropomorfas o de animales. Estas son parte de las corrientes terminales o filamentarias que se desplazan a través y desde el plasma. Un ejemplo de términos de una descarga intensa se muestra abajo (Figura 41). En este caso, 2 golpes de descarga tienen un conductor inferior trifurcado, como membrana de plasma que permite que la trayectoria de conducción de corriente continúe.

Figura 41: Ejemplo de una descarga eléctrica que ha formado 2 corrientes filamentarias, cada una se trifurca en la base para permitir la conducción de la corriente llevada en los filamentos.

La tipología se parece mucho a petroglifos de animales: ovejas de montaña o perros y zorros en el sudeste estadounidense, especies de caninos similares en Australia, y ganado o especies

similares a este en otras latitudes. Buenos ejemplos pueden ser encontrados entre las imágenes de petroglifos digitales previas.

XVI. Petroglifos de fenómenos de choques

Un gran número de petroglifos se pueden relacionar más con la inestabilidad de un impulso de choque que con las inestabilidades del plasma.

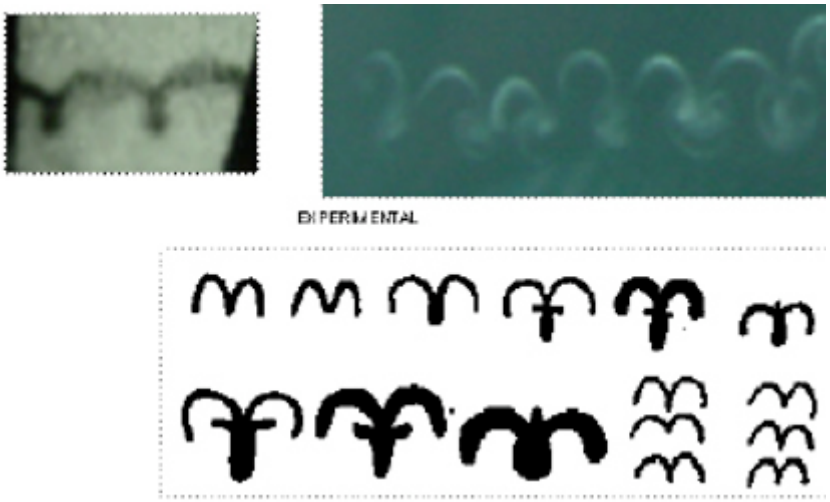


Figura 42: (Arriba) Datos de interfase experimental en choque supersónico. (Abajo) Colección de perfiles de cuernos de petroglifos que se presumen son una oveja con una gran cornatura en el oeste de EE.UU.

La Figura 42 evidencia datos de interfase experimental en choque supersónico, mientras que en la base de la figura se muestra una colección de perfiles de cuernos de petroglifos que se presumen son una oveja con una gran cornamenta, en el oeste de Estados Unidos.

La Figura 43 presenta otro ejemplo de una inestabilidad electrodinámica generada a partir de un choque. A la izquierda, una fotografía experimental en etapa tardía; a la derecha se observa una hilera de varios petroglifos pertenecientes a la categoría definida como “hongos”.

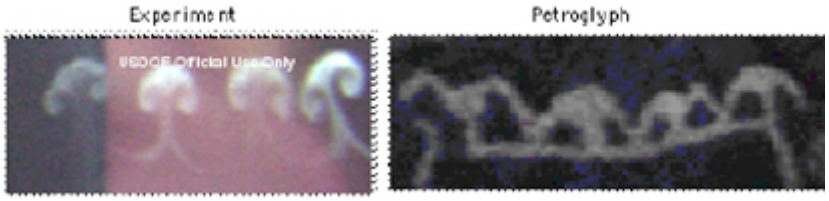


Figura 43: (Izquierda) fotografías experimentales de hongos creados en una columna de plasma no-lineal y las ondas de choque concomitantes que podrían ocurrir en plasmas aurorales durante una tormenta eléctrica (Derecha) Petroglifos.

XVII. Petroglifos asociados con el plasma de aurora circular

Las secciones II-XVI se refirieron a las inestabilidades del tipo *Z-pinch* que ocurren a lo largo de una columna de plasma, como fue visto en la Figura 4 (derecha, centro abajo). A continuación la investigación se concentra en las imágenes que podrían ser observadas en una vista superior de una intensa aurora (lado izquierdo, Figura 4). Estas son estudiadas mediante el uso de experimentos de alta densidad energética, y comparados con obras rupestres.

a) Rayos de partículas de mega-amperes: 56- y 28- simetría de pliegue

Un rayo sólido de partículas cargadas tiende a formar cilindros huecos que pueden filamentar en corrientes individuales [9]. Cuando se observa desde abajo, los diseños consisten en círculos, anillos circulares de manchas brillantes, y serpentinas de descargas eléctricas intensas que conectan la estructura interna con la externa.

La Figura 45 muestra una placa de prueba de titanio de 0.6 mm. de espesor, que ha sido situada a 15 cm. frente a un haz de partículas de submegamperes cargadas con 100 kg. Inicialmente, el haz de partículas fue cilíndrico pero filamentó después de alcanzar los 15 cm.

Las longitudes de ondas de los filamentos dependen del grosor cilíndrico de un haz hueco [9]. En la Figura 45, el rayo tiene 157 μm de grosor, mientras que su radio es de 11 mm. En el rango sub-giga amperes, el máximo número de filamentos auto contractados antes del campo magnético cilíndrico ya no se separará en "islas" para parámetros por sobre 56 [53].

Modelos de 56 corrientes eléctricas paralelas en 2 ó 3 dimensiones fueron realizados con un código MHD de gran escala [54]. Estos resultados comprueban que los filamentos de corrientes individuales mantenidos por sus propios campos magnéticos azimutales, una propiedad perdida al incrementar el número de filamentos de corriente.

La escala es constante para el espesor de un haz hueco dado, rayos de micro-amperes hasta multi mega-amperes y de diámetros desde milímetros hasta miles de kilómetros [9]; esto es, la misma filamentación y vórtices aplicados a plasmas aurorales.

Como los filamentos que llevan corriente eléctrica son paralelos, según la ley de fuerza Bio-Savart, éstos se atraen en pares y algunas veces también de a tres [8]. Ello reduce de 56 a 28 filamentos, de ahí los 56 y 28 patrones de simetría plegados.

En la actualidad, durante el emparejamiento, cualquier número menor que 56 puede ser registrado como parejas no sincronizadas para ocurrir uniformemente. Sin embargo, hay "estabilidad temporal" (duraciones de estado más largas) a 42, 35, 28, 14, 7, y 4 filamentos. Cada formación de pares es un vórtice que comienza a complejizarse, tal como lo hacen las auroras de hoy en día, donde estos decrecen en número debido a la fusión.

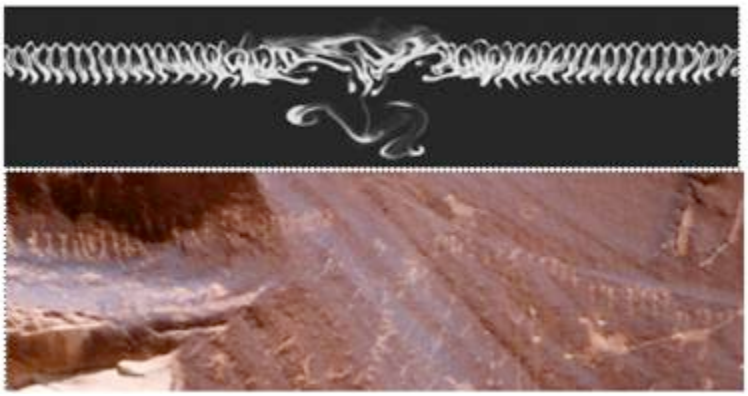


Figura 44: (Arriba) Estructura de inestabilidad inicial en un estrato delgado con una densidad de 10 veces el medio ambiente que lo rodea. Una perturbación ha sido inducida en el cálculo numérico mediante el choque del estrato en el centro con una onda Mach número 12. (Abajo) Un ejemplo de esto es a menudo registrado en petroglifos.

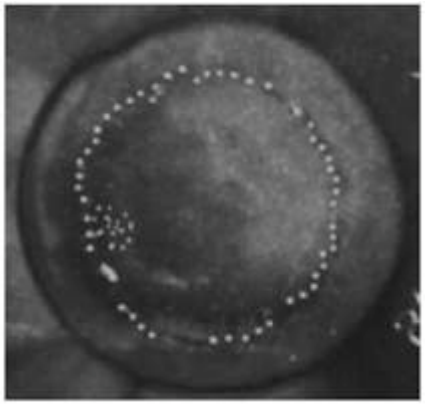


Figura 45: Lámina de prueba de acero con las ubicaciones de los agujeros de los filamentos. La ubicación de los agujeros ha sido digitalmente realzada. Aunque el haz casi cilíndrico tiene una periodicidad de 56 hoyos alrededor del círculo, no todos los agujeros son discernibles en la placa de prueba. La claridad del anillo aumenta con la intensidad del campo magnético. También se registraron en la placa perforaciones de micro círculos dentro del anillo principal (e. g. a 8:30, cerca de 1/5 del diámetro de el anillo de hoyo mayor) y algunos haces de cubierta grabados fuera del círculo principal.

b) Constancia de la Antigüedad con 56 y 28 pliegues simétricos

El número de 56 y 28 objetos de simetría plegada es manifiesto desde la Antigüedad. Esto va desde petroglifos concéntricos alrededor del mundo, hasta geoglifos (anillos de piedras), megalitos y otras construcciones. La más renombrada de 56 megalitos simétricos plegados es Stonehenge.

Stonehenge es una estructura única; una ruina megalítica (51.22 N, 0.167 W) ubicada al Oeste de la ciudad de Amesbury, Wiltshire, en el Reino Unido [55]-[63].

Su forma concéntrica tiene 2 bancos de tierra externos, de aproximadamente 100 m de diámetro, circular, con intervalos. Adyacentes a los bordes que rodean a la estructura están las zanjas

circulares y semicirculares, cada una con un radio de 5-6 m y con un patrón tri-concéntrico. Dentro de estos bancos se encuentran los Hoyos Aubrey, hoy cubiertos; estos elementos, distribuidos equitativamente en 56 puntos alrededor de un gran círculo que corta las pequeñas zanjas concéntricas.

Geométricamente, en el interior, el siguiente rasgo nombrado, es de 30 hoyos "Y". Estos se encuentran simétricamente dispuestos en un círculo concéntrico. El siguiente círculo concéntrico está compuesto por hoyos del tipo "Z". Cabe destacar que tanto "Y" como "Z", en contraste con otros segmentos del megalito, no son cilíndricamente simétricos. Ambos tienen un bulto en aproximadamente la misma posición azimutal donde hay un desplazamiento hacia el exterior entre los agujeros colindantes. El círculo del hoyo "Z" tiene un gran desplazamiento. Hay 30 hoyos en este círculo, 28 de los cuales son claramente visibles.

El siguiente anillo es el Círculo de Sarsen, con 33 m de diámetro, originalmente compuesto de 30 bloques verticales de arenisca, que promediaban los 4 m de altura. Estos originalmente soportaban dinteles de Sarsen, formando un círculo continuo alrededor de área superior.

Dentro del de Sarsen se encuentra un círculo de piedras azules (el término "piedra azul" se refiere a varios tipos de rocas ígneas, mayormente, incluyendo doleritas, riolitas, y ceniza volcánica. Se incluyen también areniscas. Las rocas son en realidad de color gris-rojo. Se cree que las Piedras Azules de Stonehenge fueron extraídas desde canteras en los cerros de Preseli, en el sudeste de Gales. El cómo fueron transportadas hasta su locación final en Stonehenge ha sido sujeto de muchas especulaciones).

Las piedras miden en promedio 1.25 m de ancho y 0.75 de fondo. Estos pilares se elevan a 1.8 m de alto y originalmente eran 35, situados regularmente entre el circulo exterior de Sarsen y la figura concéntrica siguiente, una "herradura" de trilitos de Sarsen.

Los Trilitos son 10 piedras verticales dispuestas de a 5 pares independientes coronadas por dinteles horizontales simples. Estos fueron levantados dentro del círculo de Sarsen, con la ya descrita forma de herradura, la cual dirigía su sección abierta hacia la entrada principal al monumento, al noreste. Las piedras fueron ordenadas de manera simétrica y graduando su altura; la más alta se encuentra en la posición central. Los Trilitos son el rasgo más impresionante del monumento, puesto que la mayor llega a pesar 45 toneladas.

Dentro de la herradura de Trilitos se encuentra otro semicírculo construido con pilares de arenisca azul. Una piedra "altar" frente a los Trilitos centrales completa la estructura principal de Stonehenge.

Otras rocas demarca la "Avenida" o "*Cursus*", una senda de tierra de 2.8 km. de longitud, que presenta la forma de una cola que recorre linealmente, desde las "herraduras", unos 500 m, curvándose entonces hacia el sudeste.

La data de la construcción de Stonehenge estimada por English Heritage [64] con 14 muestras, de cornamentas principalmente, va desde 3.020 a 2.910 AC para las zanjas y los hoyos de

Aubrey, hasta el 2.270 a 1.930 AC para la Herradura de Arenisca Azul. Se estimó que los Agujeros "Z" pertenecían entre el 2.859 al 2.480 AC, coincidiendo la misma fecha para el Círculo de Sarsen. La naturaleza concéntrica del monumento principal y la insuficiencia de datos sobre muchas de las relaciones que existen, conduce a una escasez de relaciones estratigráficas directas [61].

c) Petroglifos concéntricos "antiguos" y pictografía con 56- y 28- pliegues simétricos

Los "concéntricos antiguos" están entre los petroglifos y pictografías mas arcaicos. Los tallados datan de mucho tiempo antes de que fuese revertida la coloración de la pátina de la roca sobre la cual ellas fueron labradas. Las pinturas se han desvanecido en la roca, desgastando considerablemente su apariencia.

Como ejemplo de 56 pliegues concéntricos, se consideran 3 muestras representativas. El primero es una de las placas al comienzo de "Pictografía y Petroglifos de la Región de Oregón", de Loring y Loring [47]. En particular, la placa III, una fotografía de su sitio 34, los 4 O'Clock Rapids sobre el borde Oriente, Condado de Klicklitat, Washington (45 42.776 N, 120 20.970 W, 92 m) (este petroglifo es uno de los que Lorings describió como "excepcional y aparentemente muy antiguo". Lorings, desde 1964 a 1968, tomó muchas fotografías y frotados de los petroglifos tallados profundamente, inundados por la represa J. Day en abril de 1968).

El segundo ejemplo es un pictograma río abajo de 4 O'Clock Rapids, en la barrera de J. Day, el sitio 29 de Lorings (45 44N, 120 41W).

El tercer ejemplo es del Norte de Arizona (35 N, 109 W), 1450 km. al sureste de la cuenca del río Columbia.

En la Figura 46 se superponen imágenes de estos tres petroglifos con una imagen reconstruida de Stonehenge [65]. Cada petroglifo muestra detalles ligeramente diferentes. El petroglifo de arriba a la izquierda, aparentemente reproduce la imagen de una aurora en época tardía mientras que los puntos externos empiezan a experimentar una inestabilidad de diocotron pareada giratoria como fue registrado también en la placa testigo en Figura 45.

Ambos traslapes superiores tienen grabadas las serpentinas eléctricas inter-filamentos entre los círculo de puntos interiores (corrientes eléctricas con emisión de radiación de sincrotón delantera). El petroglifo de abajo a la izquierda muestra las serpentinas entre dos puntos exteriores. (El petroglifo 4 O'Clock Rapids tiene cerca de 60 cm. de diámetro mientras que Stonehenge tiene 100 m de diámetro, aproximadamente).

Sin embargo existe una anomalía en la ilustración de la Figura 46, arriba a la izquierda. La reproducción de Lorings muestra un anillo de puntos externos que no se ven en la fotografía. Además, otras fotografías de este petroglifo, de antes de la inundación, no muestran indicaciones de un anillo de puntos externos. Las fotografías realzadas con tiza de mediados del s. 20 tampoco entregan evidencias de la existencia de un anillos exterior.

A través del análisis de imagen, se ha recuperado un anillo externo de puntos precisamente donde los Lorings se encuentran. Así, como en Stonehenge, parecería ser que los hoyos externos fueron construidos mucho antes que los internos, tiempo suficiente para que los primeros se hayan desvanecido casi completamente (otra posibilidad es que los rasgos centrales hayan sido re-trabajados con posterioridad).

Aunque muchas de tales imágenes han sido encontradas, aquí se mencionan sólo las próximas 5. La quinta fue encontrada a 1.479 km hacia noreste. Dos imágenes cercanas directamente al norte están a 7.466 y 7.817 de distancia respectivamente. Otra imagen está a 10.715 km al oeste y ligeramente al sur (no tiene estructura interior). La última de las cinco citadas está a 8.926 km hacia el noreste.

La Figura 47, superior izquierda, muestra un pictograma de 56 rayos del sitio Windjana, las cuevas con grabados rupestres de Windjana en el noroeste de Kimberley, al Oeste de Australia (17.6 S, 126.5 W) [66] (los rayos más gruesos en el sector superior izquierdo son parte una pictografía más grande parcialmente redibujada). La imagen superior derecha es el petroglifo de Arizona que se muestra en la Figura 46.

Según lo dibujado, el Windjana ha acortado flámulas más bajas y el concéntrico es elíptico (una “barra” aparece también dibujada hacia el centro de este pictograma). El análisis de imagen permite superponer las dos imágenes con precisión, hasta el punto que es difícil encontrar diferencias entre los rayos de ambas, pero solamente si el Windjana se inclina digitalmente en un ángulo de 45.3°. Esto se demuestra en la base de la Figura 47.

La figura gris y blanca “en relieve” es el petroglifo de Arizona mientras que la pictografía Australiana es la capa “plana”, en negro. Se utilizó esta técnica de la comparación por la coincidencia casi exacta de los rayos de ambas imágenes, haciendo difícil de distinguir uno del otro.

El número aparente de rayos en el petroglifo de Arizona es 47, pero es 56 cuando el rayo grueso en 4:00 es separado en 3 rayos, y los rayos gruesos en 9:30, 10:30, y 12:30 se separan, cada uno, en dos.

La necesidad de inclinar la pictografía para un calce exacto, cuando se proyecta en el espacio, sugiere que la longitud/tamaño de la aurora intensa excede grandemente de la observada hoy día.

Pintado en el lado superior izquierdo, los Windjana de 56 rayos pertenecen a una segunda imagen Windjana más grande. Esta imagen también tiene un patrón de 56 rayos. Sin embargo, el 30% de estos quedaron sin dibujar en la base. El hecho de que esta sea una imagen "más nueva", además de que está pintada superpuesta a la "más antigua" hace que las puntas de los rayos aparentemente tengan curvas más complejas o vórtices pintados como "gotas." La ausencia de rayos en el área inferior también sugiere que esta imagen incluye una representación del horizonte.

Otras imágenes de *56-fold* se encuentran hasta a 15.000 kilómetros de distancia, de modo que los diferentes ángulos de observaciones permitirían determinar la ubicación del plasma. Por ejemplo, la Figura 48 muestra el "sitio de 34 anillos" superpuesto sobre 3 ejemplos petroglifos/pictogramas y Stonehenge. Los "sitios de 34 anillos" fueron extraídos de los petroglifos de 4 O'clock Columbia River y posteriormente superpuestos sobre otras imágenes. Este petroglifo presenta una leve oblicuidad hacia la esquina inferior derecha, como se ve en los *blind-rings*. Lo anterior indica una pequeña desviación del punto de observación en comparación con lo que se ve en el río Columbia.

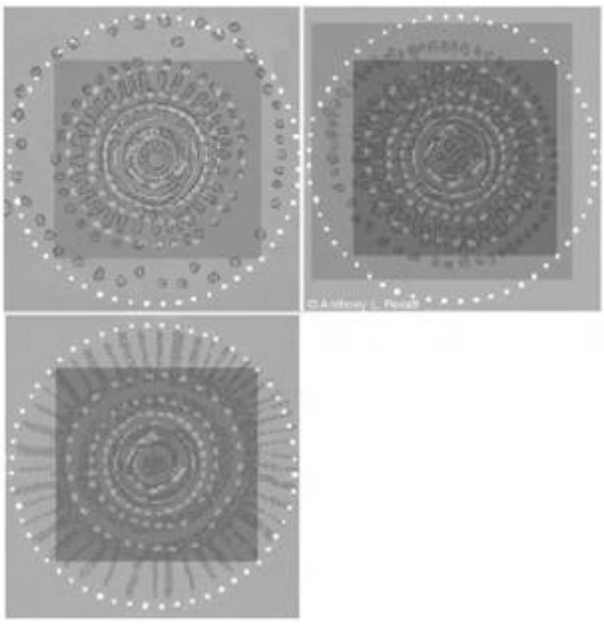


Figura 46: Superposiciones de petroglifos y una pictografía (gris) con una reconstrucción de imagen de Stonehenge (blanco). (Superior derecha) Petroglifo 4 O'Clock Rapids sobre el río Columbia, en el estado de Washington. (Arriba Derecha) Pictograma J.D. Bar, Río Columbia. (Inferior izquierda) Petroglifo del Norte de Arizona. El petroglifo 4 O'Clock Rapids tiene cerca de 60 cm. de diámetro, mientras que el de Stonehenge es de aproximadamente 100 m de diámetro.

Los concéntricos y espirales más nuevos, fácilmente reconocibles en la roca, generalmente son dibujos menos precisos pero incluyen adornos encontrados en descargas eléctricas en tiempos posteriores. Las evoluciones de estas morfologías serán discutidas en otro artículo.

XVIII. Discusión y conclusión

El descubrimiento de que las morfologías básicas de petroglifos son la misma que las registradas en descargas de energías extremadamente altas. Esta constatación ha abierto una ventana para develar el origen de estas aparentemente toscas, mal dibujadas y desordenas figuras, encontradas en incontables lugares alrededor.

Dibujado en estilo heteromatico (Figura 12), estos antiguos patrones podrían imitar y reproducir fenómenos de altas energías, tal como serían registrados sobre una imborrable pantalla de plasma. Muchos petroglifos, aparentemente dibujados hace varios milenios, muestran una

descarga de plasma o una contrapartida de inestabilidad en una correspondencia mutua (de uno a uno) o superponiéndose. Lo más llamativo es que las imágenes grabadas en la roca son muy similares a las imágenes encontradas en experimentos de extrema densidad energética; no se observa ninguna otra morfología o patrón [46], [47].

La inestabilidad es aquella asociada con una columna que conduce corrientes intensas de plasma, las cuales experimentan deformaciones del tipo "salchicha", como también "hélice". Tal tipo de corriente podría haberse producido si el flujo solar hubiera incrementado una o dos órdenes de magnitud (respecto al orden de magnitud actual) o si otra fuente de plasma ingresó al sistema solar.

Este artículo ha seguido la evolución de un *Z-pinch* desde el comienzo de las inestabilidades en una columna, al conducir corrientes suaves (Figura 16) a las inestabilidades *"salchicha"* y "espiral" a medida que la corriente aumenta (Figuras 6 y 7) a inestabilidades de corrientes extremadamente intensas (Figura 36). Aunque la transformación formal de la inestabilidad es un proceso continuo al alcanzar la corriente máxima, se ha juzgado conveniente delinear el perfil de las inestabilidades en 84 categorías (no todas mostradas en este artículo).

Figura 47: (Superior izquierda) Pictografía Windjana, Australia. (Superior derecha) Petroglifo, al Norte de Arizona. (Abajo) Coincidencia de las figuras de Australia y Arizona. Las figuras "grabadas en relieve" gris-blanco son los petroglifos del Norte de Arizona, mientras que las pictografías Australianas son los traslapes negros "planos". La "elipse" Windjana está empotrada en el concéntrico externo de los petroglifos al Norte de Arizona.

Las inestabilidades "salchichas" y "hélices" MHD (fluidos magnéticos) tienen lugar en el cilindro interior de plasma, torcidas por sus propios campos magnéticos azimutales (circundantes) producidos por la corriente intensa que conduce. La evolución de esta inestabilidad es bien conocida en un régimen que incluye el seccionamiento de la columna en un conjunto de plasmas esferoides, usualmente 9, que contienen toroides de corriente azimutal, los campos magnéticos *pinch* originales. Los electrones con toroides de plasma son relativistas,

produciendo rayos de radiación sincrotón visibles. (Los plasmas calientes emiten radiación a través del espectro visible y de radio. Sin embargo, la emisión a menudo y no siempre tiene un origen térmico).

Procesos de colisión también producen luz visible dentro de la columna cuya luminosidad varía con la intensidad de la corriente y los pulsos corrientes esporádicos. La luminosidad y la posición del observador en relación a la columna determinan cuanta inestabilidad es vista.

En lenguaje coloquial, la inestabilidad lineal consiste en conjuntos de esferoides, toroides (Figura 10), manchas brillantes con doble radiación dentro de los toroides, antifaces, rasgos de narices pronunciadas acompañando los ojos (Fig. 18), y patrones con forma (separatrices) compleja X (los patrones no son mostrados en este artículo).

Con corriente en aumento, las inestabilidades entran a un régimen no lineal y caótico. El efecto es un rápido movimiento interior de las regiones *pinch*, formando así un conjunto de toroides. Estos están conectados por una barra central que corre verticalmente a través de ellos. Las presiones extremas causan los toroides aplanados y producen un disco con una configuración simple de escalera de varas. La siguiente fase de la evolución es el torcimiento y el allanamiento de los discos, los cuales finalmente comienzan a enrollarse hasta los bordes produciéndose estructuras similares a copas, y así las formas inestables de hongo. Las más altas o copas ánodos convergen y se pliegan para producir un bulbo en segmento superior de la columna rodeado por las copas en proceso de cambio.

Generalmente hay una mezcla de diferentes toroides en una misma columna: tubular, plano, disco, cono, deformados y en forma de taza. Algunas veces un toroide tubular simple, plano o distorsionado, queda al centro mientras que los de más abajo o cátodo semejan una taza que ha girado hacia abajo hacia su término que puede ser un plasma de membrana. La barra simple, en todos los casos, se presenta en el centro del conjunto desde arriba hasta abajo.

El término en ánodo del conjunto es el más interesante, produciendo varias formas de tazas y permitiendo descargas como relámpagos hacia su término, aunque las descargas son también observadas en el de cátodo y algunas veces entre los toroides o hacia fuera de estos para distancias apreciables. Estas son las firmas de descargas con alto voltaje como son los rayos trifurcados encontrados en los terminales de cualquier conductor (Figura 41).

El plasma que fluye a lo largo de campos magnéticos convergentes produce una forma en Y bien definida (Figura 38). El plasma que fluye hacia adentro, como en una aurora intensa (Figura 4), es marcado por una cabeza de anillos circulares y rayos radiales (Figuras 4 y 43) y 1 ó 2 canales de descargas espirales radiales a lo largo de la aurora. Debajo de la cabeza, la columna de plasma muestra un número de patrones consistentes en filamentos horizontales y de hélices, esquemas de diamantes o separatrices; por ejemplo, modelos de vértices cuadrados, tal como las formas inestables mostradas anteriormente.

Cuando una onda de choque producida por pulsos de corriente esporádicos impacta la

morfología del plasma mencionada arriba, ésta adquiere formas llamativas debido a inestabilidades hidrodinámicas (Figura 11). Los brazos se convierten en alas y tazas alterándose en patrones de 3 pliegues como se muestra en la Figura 43.

Experimentalmente, la escala de plasma presenta al menos 14 órdenes de magnitudes [9] mientras que hipotéticamente, un mínimo de 27 [34] (esto es, las inestabilidades y la tasa de crecimiento asociada con corrientes de microamperes son la misma, cuando la magnitud (escala), para aquellas encontradas en varias corrientes de multi-mega amperes medidas *in situ* en el sistema solar.

Al asociarlos con los petroglifos, indica que las escalas de tiempo relativo para las inestabilidades MHD, grabadas en roca, resultan de una cadena experimental conocida, al punto que secuencias de movimiento temporal de los patrones de petroglifos pueden ser generados y comparados con los registros de movimientos temporales de las inestabilidades de plasma. Los tiempos absolutos no pueden, sin embargo, ser estimados de esta forma.

Cuando se escala una aurora intensa cuyas dimensiones pueden exceder los 50.000 km. en la región cúspide externa, una secuencia de tiempo relativa puede ser desplegada. Por ejemplo, puede ser explicar los matices capturados en las imágenes de la Figura 28, inferior derecha. La elevación interior a lo largo del eje con el pliegue interior de los bordes externos de las líneas talladas y la transición al borde rizado, un fenómeno registrado en radiografías de descargas eléctrica intensas, podría no haber sido conocido por la humanidad prehistórica, a menos que presenciara personalmente el mismo evento en el cielo. Escalando las dimensiones del plasma sugiere que cada uno de los patrones, mostrado en la Figura 28, podría haber ocurrido repetidamente en un periodo de meses o en una década.

El plasma conocido y los tipos de inestabilidades de la onda de choque, cuando está graduado desde lo experimental hasta las dimensiones del plasma del espacio, sugieren un evento de una aurora intensa que duró al menos unos cuantos siglos. Los concéntricos más nuevos, especialmente aquellos con un patrón interior (no mostrados) y las espirales en desarrollo proveen información del cese final de un flujo de plasma ascendente intenso. Por otro lado, los concéntricos y espirales antiguos, las evidencias de algunos que han sido cortados y tallados a 8 cm. de profundidad en granito, sugieren eventos de auroras intensas, siendo un suceso común por algunos pocos siglos, si es que no milenios. Los patrones son representativos de un período de largo tiempo de una aurora quiescente típica.

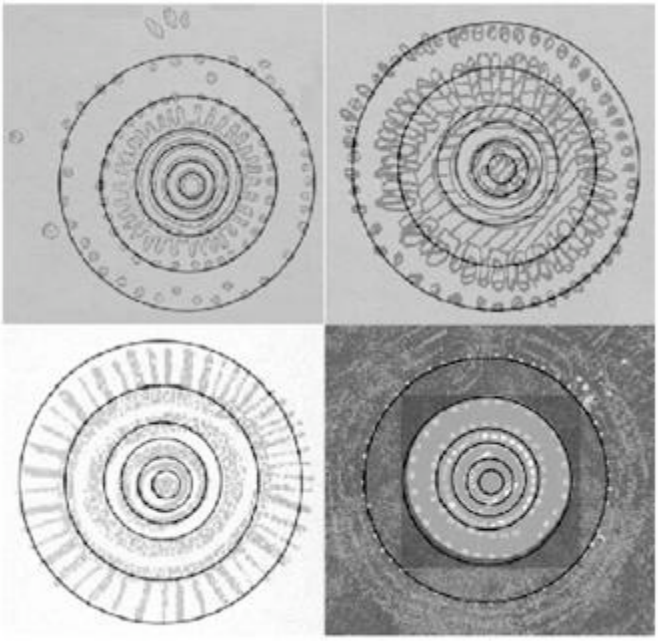


Figura 48: (Superior izquierda) "Site-34-rings", el radio promedio medio de un círculo determinado por la imagen-objeto desde los petroglifos 4 O'Clock rapids, en el río Columbia. Estos anillo de 4 O'Clock rapids (Loring sitio 34) han sido superpuestos sobre otras tres imágenes. (Superior derecha) Pictografía J. Day Bar. (Inferior izquierda) Petroglifos del Norte de Arizona. (Inferior derecha) Reconstrucción de la imagen Stonhenge (puntos blancos)

La metodología usada en el análisis de petroglifos y sus comparaciones con plasmas de densidad de energía extremadamente alta, se fundamentó en la creación de una base de datos de decenas de miles de petroglifos de las más diversas latitudes. En lo posible se incluyó información acerca de la naturaleza de las propiedades físicas, tipo de roca usada, dirección del revestimiento, campo de vista más probable, longitud, latitud, altitud y otros petroglifos asociados. Éste análisis está en desarrollo, pero los resultados iniciales sugieren 3 épocas en las cuales una gran cantidad de petroglifos fueron registrados en todo el mundo. El número de milenios o siglos involucrados siguen siendo desconocidos.

El descubrimiento de petroglifos horizontales enterrados en Nuevo México y Australia [51], sobre los cuales se halló carbón de hogueras, sugiere los períodos de 10.000 AC-2.000 AC. Esto calza con los datos de recientes métodos de extracción de plasma por Rowe y Steelman para pictografías, que tienen el mismo patrón que tiene los petroglifos en este artículo [68].

Dos importantes clases de petroglifos, espirales y herraduras, no son discutidos en esta investigación. El mapa de las corrientes Birkeland, descrito en la Figura 4, y la información cuantitativa proporcionada sobre estos parámetros eléctricos. Estos incluyen las interacciones magnetosfera y viento solar, que actualmente son estudiados con TRISTAN [8], [24], [69] y serán presentados en otro artículo.

Notas

1. **Pinch:** compresión de un filamento de plasma por fuerzas magnéticas.

Z-Pinch: dispositivo de confinamiento de plasma, que usa una corriente eléctrica en el plasma para generar un campo magnético que lo comprime. El nombre deriva de los primeros dispositivos experimentales usados en Inglaterra, donde la corriente fluía hacia abajo en un tubo vertical de cuarzo, el eje Z (de altura) en un gráfico matemático

2. Un flujo saliente de plasma incrementado desde el Sol fue sugerido tres décadas atrás por Gold [70].

El autor agradece a todos aquellos que contribuyeron con datos. En particular a:

A. Acheson, M. Acheson, K. Anderson, M. Armstrong, H. Arp (MPI, Garching), A. Bodin (LANL), E. J. Bond, D. Cardona, E. Cochrane, F. Costanzo, L. Crumpler (NASA), Z. Dahlen, H. Davis (LANL), A. de Grazia, A. J. Dessler (U. Ariz.), T. E. Eastman (NASA Goddard), J. Goodman, P. Hedlund, G. Heiken (Geo, LANL), H. Johnson, K. Kintner (LANL), J. Lawson (NAVAIR,NAWCWD), B. G. Low, A. S. McEwen, M. Medrano (PNM), F. Minshall (USNPS), M. Minshall, M. Mitchell, K. Moss, J. Nelson (BLM), A. Neuber, S. Parsons, C. M. Pedersen, G. G. Peratt (U. Ariz.), M. G. Peratt (USC), G. Pfeufer (LANL), C. J. Ransom, M. W. Rowe (Texas A&M), T. Scheber (LANL), G. Schwartz (U. Ariz.), A. Scott, D. E. Scott (U. Mass), D. Scudder (LANL), J. Shlacter (LANL), P. Shoaf (NAVAIR, NAWCWD), R. M. Smith (JPL), C. Snell (LANL), D. Talbott, T. Thomsen, W. Thornhill, H. Tresman, I. Tresman, M. A. van der Sluijs, T. Van Flandern (NRL), T. Voss, W. S-Y. Wang (U. Hong Kong), R. Webb, B. Whitley (Ariz. Petro. Steward), P. Whitley (Ariz. Petro Steward), y E. Younkin (Maturango Museum).

Los agradecimientos se extienden a J. Mc Govern, Georgetown, South Australia; A. B. Mainwaring, S. Mainwaring, and J. A. Sabloff por su apoyos continuos, sugerencias, y edición del manuscrito, y a Navajo Nation y the Cochiti, San Juan, Santa Clara, Jemez, Santo Domingo y San Ildefonso Pueblos in Northern New Mexico

Anthony L. Peratt (S'60–M'63–SM'85–F'99) received the B.S.E.E. degree from California State Polytechnic University, Pomona, in 1964, and the M.S.E.E. degree and the Ph.D. degree in electrical engineering from the University of Southern California (USC), Los Angeles, 1967 and 1971, respectively.

From 1972 to 1979, he was a Staff Member with the Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA. From 1975 to 1977, he was a Guest Physicist with the Max Planck Institut für Plasmaphysik, Garching, Germany. From 1981 to the present, he as beeen with the Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM. In 1985, he was a Guest Scientist with the Alfvén Laboratory, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. From 1995 to 1999, he was with the Applied Theoretical

Physics Division, Physics Division, Associate Laboratory Directorate for Experimental Programs, and he was a Scientific Advisor to the U.S. Department of Energy. He authored *Physics of the Plasma Universe* (Berlin,Germany: Springer-Verlag, 1992), and was an Editor on *Plasma Astrophysics and Cosmology* (Norwell, MA: Kluwer, 1995) and *Advanced Topics in Space and Astrophysical Plasmas* (Norwell, MA: Kluwer, 1997). He has served as session organizer for space plasmas at the IEEE International Confernce on Plasma Science from 1987–1989. His research interests include numerical and experimental contributions to high-energy density plasmas and intense particle beams, inertial confinement fusion, explosively-driven pulsed power generators, lasers, intense-power-microwave sources, particles, high-energy density phenomena, new concepts in space propulsion and high-performance computing, plasma cosmogony, and cosmology.

Dr. Peratt was the Guest Editor for the IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE Special Issues on Space Plasmas in 1986, 1989, 1990, 1992, 2000, and 2003. He was the organizer of the IEEE International Workshops on Space Plasmas in 1989, 1991, 1993, 1995–1998, and 2003. He has been an Associate Editor with the IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE sinc 1989. He was an Elected member of the IEEE Nuclear and Plasma Science Society (NPSS) Executive Committee (ExCom) from 1987 to 1989 and from 1995 to 1997. He was the General Chairman of the IEEE International Conference on Plasma Science, Santa Fe, New Mexico, in 1994. He was the IEEE NPSS ExCom Vice Chairman and was elected to the IEEE NPSS

Administrative Committee, both in 1997. He received the U.S. Department of Energy Distinguished Performance Award in both 1987 and 1999, the IEEE Distinguished Lecturer Award in 1993, and was a Norwegian Academy of Science and Letters, University of Oslo Physics Department, and Norsk Hydro Kristian Birkeland Lecturer in 1995. He is a member of the American Physical Society, American Astronomical Society, and Eta Kappa Nu.

—¿Preguntas, comentarios? escriba a: rupestreweb@yahoogroups.com—

Cómo citar este artículo:

Peratt, Anthony L. *Probable ocurrencia en la Antigüedad de aurora boreal de alta intensidad y su posible registro en obras rupestres*
En Rupestreweb, http://www.rupestreweb.info/*aurora*.html

2008

BIBLIOGRAFÍA

[1] **J. A. Van Allen, L. A. Frank, and B. J. O'Brien**, "Satellite observations of the artificial radiation belt of July 1962," J. Geophys. Res., vol. 68, no. 3, p. 619, 1963.

[2] **J. A. Van Allen**, Origins of Magnetospheric Physics. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1983.

[3] **A. Egeland and J**. Holtet, The Birkeland Symposium on Aurora and Magnetic Storms. Paris, France: Centre National de la Recherche Scientifique, 1967.

[4] **T. E. Eastman,** "Transition regions in solar system and astrophysical plasmas," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 18, pp. 18–25, Feb. 1990.

[5] **C.-G. Fälthammar,** "Magnetosphere-ionosphere interactions-near earth manifestations of the plasma universe," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. PS-14, pp. 616–628, Feb. 1986.

[6] **J. R. Kan and S.-I. Akasofu,** "Electrodynamics of the solar wind-magnetosphere-ionosphere interactions," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 17, pp. 83–108, Apr. 1989.

[7] **C. A. Ekdahl, J. R. Freeman, G. T. Leifeste, R. B. Miller, W. A. Stygar, and B. B. Godfrey,** "Axisymmetric hollowing instability of an intense relativistic electron beam propagating in air," Phys. Rev. Lett., vol. 55, no. 9, pp. 935–938, 1985.

[8] **A. L. Peratt,** Physics of the Plasma Universe. New York: Springer- Verlag, 1992.

[9] **A. L. Peratt and C. M. Snell,** "Microwave generation from filamentation and vortex formation within magnetically confined electron beams," Phys. Rev. Lett., vol. 54, p. 1167, 1985.

[10] **A. V. Shishlov, R. B. Baksht, A. Y. Labetsky, V. I. Oreshkin, A. G. Rousskikh, A. V. Fedunin, S. A. Chaikovsky, V. A. Kokshenev, N. E. Kurmaev, and F. I. Fursov,** "Experimental study of an argon-hydrogen Z-pinch plasma radiation source," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 30, pp. 486–511, Apr. 2002.

[11] **A. Krejci, J. Raus, V. Piffl, A. V. Golubev, Y. Y. Platoov, E. Krousky, and O. Renner,** "Multichannel soft X-ray diagnostics of hot plasma evolutionin nitrogen-puff Z-pinch," IEEE Trans. Plasma Sci, vol. 23, pp. 584–587, Oct. 1993.

[12] **C.-G. Fälthammar,** "Electrodynamics of cosmical plasmas-some basic aspects of cosmological importance," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 18, pp. 11–17, Feb. 1990.

[13] "Special issue on space plasmas," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 28, Dec. 2000.

[14] **H. A. Davis et al.,** "The atlas high energy density project," Jpn. J. Appl Phys., pt. 1, vol. 40, no. 2B, pp. 930–934, 2001.

[15] **R. E. Reinovsky et al**., "Stability of magnetically imploded liners for high energy density experiments," in Proc. 8th Int. Conf. Megagauss Magnetic Field Generation and Related Topics, Tallahassee, FL, Oct. 1998, p. 309.

[16] **A. M. Buyko et al.**, "Instability growth in magnetically imploded, high strength, cylindrical liners (Results of a joint VNIIEF/LANL experiment on the Pegasus-2 facility)," in Proc. 8th Int. Conf. Megagauss Magnetic Field Generation and Related Topics, Tallahassee, FL, Oct. 1998, p. 297.

[17] **H. Lee, R. R. Bartsch, R. L. Bowers, W. Anderson, W. L. Atchison, R. E. Chrien, J.** Cochrane, H. Oona, D. Platts, M. Rich, W. R. Shanahan, D.W. Scudder, J. Stokes, and L. Veeser, "Megabar liner experiments on pegasus II," in Proc. 11th IEEE Int. Pulsed Power Conf., G. Cooperstein and I. Vitkovitsky, Eds., Baltimore, MD, 1997, p. 366.

[18] **W. L. Atchison, R. J. Faehl, and R. E. Reinovsky,** "Studies of solid liner instability during magnetic implosion," in Proc. Nuclear Explosives Code Developers Conf., Las Vegas, NV, Oct. 1998, p. 107.

[19] **S. Chandrasekhar and E. Fermi,** "Problems of gravitational stability in the presence of a magnetic field," Astrophys. J., vol. 118, pp. 116–141, 1953.

[20] **V. P. Shafranov,** Reviews of Plasma Physics, M. A. Leontovich, Ed. New York:

Consultants Bureau, 1966, vol. 2.

[21] **A. Peratt, J. Green,** and D. Nielsen, "Evolution of colliding plasmas," Phys. Rev. Lett., vol. 44, pp. 1767–1770, 1980.

[22] **P. Kulhanek,** "Particle and field solvers in PM models," Czech. J. Phys., vol. 50, pp. 239–244, 2000.

[23] J. A. Guzik and K. Koch, "Code validation for the ASCI antero project," in Proc. Nuclear Explosives Code Developers Conf., LasVegas,NV, Oct. 1998.

[24] **O. Buneman, T. Neubert, and K.-L. Nishikawa**, "Solar wind magnetosphere interaction as simulated by a 3-D, EM particles code," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 20, pp. 810–816, Dec. 1992.

[25] **M. G. Haines, S. V. Lebedev, J. P. Chittenden, F. N. Beg, S. N. Bland, and A. E. Dangor**, "The past, present, and future of Z-pinches," Phys. Plasmas, vol. 7, pp. 1672–1680, 2000.

[26] **F. N. Beg, A. E. Dangor, P. Lee, M. Tatarakis, S. L. Niffikeer, and M. G. Haines,** "Optical and X-ray observations of carbon and aluminum fiber Z-pinch plasmas," Plasma Phys. Control. Fusion, vol. 39, pp. 1–25, 1997.

[27] **M. G. Haines,** "A three-dimensional model of wire array instability, ablation, and jetting," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 30, pp. 588–592, Apr. 2002.

[28] **A. Y. Labetsky, R. B. Baksht, V. I. Oreshkin, A. G. Rousskikh, and A. V. Shishlov,** "Experimental study of the effect of Rayleigh-Taylor instabilities on the energy deposition into the plasma of a Z-pinch," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 30, pp. 524–531, Apr. 2002.

[29] **A. Ortiz-Tapia and P. Kubes,** "Identification of the governing parameters of self-organizing structures in Z-pinch plasmas," Czech. J. Phys., vol. 50, no. Supp.S3, pp. 145–149, 2000.

[30] **P. Kubes, K. Kolacek, A. Krejci, J. Kravarik, M. Paduch, and K. Tomaszewski,** "Evolution of the gas-puff Z-pinch column," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 26, pp. 1113–1118, Aug. 1998.

[31] **D. R. Wells,** "Observation of plasma vortex rings," Phys. Fluids, vol. 5, pp. 1016–1018, 1962.

[32] **D. R. Wells, J. Davidson, L. G. Phadke, J. G. Hirshberg, P. E. Ziajka, and J. Tunstall,** "High-temperature, high-density plasma production by vortex-ring compression," Phys. Rev. Lett., vol. 41, pp. 166–170, 1978.

[33] **J. Davidson and D. R.Wells,** "Interaction between two force-free plasma vortices," Phys. Fluids, vol. 22, no. 2, pp. 379–381, 1979.

[34] **H. Alfvén,** Cosmic Plasma. Dordrecht, Germany: Reidel, 1981.

[35] , "Double layers and circuits in astrophysics," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. PS-14, pp. 763–778, Aug. 1986.

[36] **Y. G. Zel'dovich and Y. P. Razier**, Physics of Shock Waves and High- Temperature Hydrodynamic Phenomena. New York: Dover, 2002.

[37] **J. M. Budzinskil and R. F. Benjamin,** "An experimental investigation of shock-accelerated heavy gas layer's," Los Alamos, Rep., LAUP-95-012-110, 1995.

[38] **P. M. Rightley, P. Vorobieff, R. Martin, and R. F. Benjamin,** "Experimental observations of the mixing transition in a shock-accelerated gas curtain," Phys. Fluids, vol. 11, pp. 186–200.

[39] **J. Kamm, P. Rightley, K. Prestridge, C. Zoldi, R. Benjamin, and P. Vorobieff,** "The gas curtain experimental technique and analysis methodologies," Los Alamos Nat. Lab. Univ., LA-UR-01-2573, 2002. 1214 IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, VOL. 31, NO. 6, DECEMBER 2003

[40] **A. B. Kukushkin and V. A. Rantsev-Kartinov,** "Self-similarity of plasma networking in a broad range of length scales: From laboratory to cosmic plasmas," Rev. Sci. Instrum., vol. 70, no. 22, pp. 1387–1391, 1999.

[41] **A. L. Peratt, "Talking rocks,**" in Lecture Series on Celestial Catastrophes in Human Prehistory. Philadelphia, PA: Center for Ancient Studies, Inst. Environ. Studies, Univ. Pennsylvania Museum Archaeol. Anthropol., 2001.

[42] **A. van Humboldt,** "Personal narrative of a journey to the equinoctial regions of the new continent," Penquin, London, U.K., 1814-25, 1995.

[43] **C. N. Dubelaar,** "The petroglyphs in the guinas and adjacent areas of Brazil and Venezuela: An inventory," in Monumenta Archaeologica. Los Angeles, CA: Univ. Calif., 1986, vol. 12.

[44] **C. Wilks,** Narrative of United States Exploratory Expedition, 1838, 1839, 1840, 1841 and 1842. Philadelphia, PA: Sherman & Son, 1849, vol. 4.

[45] **G. Mallery,** Picture-Writing of the American Indians. New York: Dover, 1972, vol. 1/2.

[46] **F. Petrie**, Decorative Patterns of the Ancient World. New York: Dover, 1974.

[47] **J. M. Loring and L. Loring,** "Pictographs and petroglyphs of the Oregon country," in Monograph XXI. Los Angeles, CA: Inst. Archaeol., Univ. Calif., 1982.

[48] **J. H. Thiel,** "Rock art in Arizona," State Historic Preservation Office, Proj. 649 286, 1995.

[49] **P. Schaafsma,** Indian Rock Art of the Southwest. Albuquerque, NM: New Mexico School of the American Southwest, Univ. New Mexico Press, 1995.

[50] **E. Younkin,** Coso Rock Art-A New Perspective. Ridgecrest, CA: Maturango Museum, 1998.

[51] **J. Flood,** Rock Art of the Dreamtime-Images of Ancient Australia. Sydney, Australia: Angus and Robertson (Harper Collins), 1997.

[52] **K. Tashbayeva,** Petroglyphs of Central Asia. Samarkand, Uzbekistan: Int. Inst. Central Asian Studies, 2002.

[53] **C. M. Snell and A. L. Peratt,** "Filaments, vortex structure, and microwaves in magnetically confined electrons beams," Bull. Amer. Phys. Soc., vol. 29, p. 1434, 1984.

[54] **M. H. Frese, S. D. Frese, S. E. Rosenthal, M. R. Douglas, and N. F. Roderick,** "Computational simulation of initiation and implosion of circular arrays of wires in two and three dimensions," IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 30, pp. 593–603, Apr. 2002.

[55] "Science and stonehenge," in Proc. British Academy 92, vol. 92, B. Cunliffe and C. Renfrew, Eds., Mar. 1998.

[56] **D. Souden,** Stonehenge Revealed. New York: Facts on File, 1997.

[57] **R. Atkinson**, Stonehenge. London, U.K.: H. Hamilton, 1956.

[58] **J.-P. Mohen**, The World of Megaliths. New York: Facts on File, 1990.

[59] **R. Castleden**, The Making of Stonehenge. London, U.K.: Routledge, 1993.

[60] **R. M. J. Cleal, K. E. Walker, and R. Montague,** "Stonehenge in its landscape: The twentieth-century excavations," English Heritage Arch, London, U.K., Rep. 10, vol. 10, 1995.

[61] **M. J. O'Kelly, Newgrange**. New York: Thames and Hudson, 1982.

[62] **A. Burl**, Prehistoric Avebury. New Haven, CT: Yale Univ. Press, 1979.

[63] A Guide to the Stone Circles of Britain, Ireland, and Brittany. New Haven, CT: Yale Univ. Press, 1995.

[64] **English Heritage**. "Dating Stonehenge". English Heritage Scientific Dating Service, Northampton, U.K.. [Online]. Available: (ver fuente)

[65] **M. P. Pearson and Ramilisonina,** "Stonehenge for the ancestors: The stones pass on the message," Antiquity, vol. 72, pp. 308–326, 1998.

[66] **I. M. Crawford**, The Art of the Windjana. Melbourne, Australia: Oxford Univ. Press, 1968, p. 144.

[67] **C. Schuster and E**. Carpenter, Patterns That Connect. New York: Abrams, 1996.

[68] **M.W. Rowe and K. L. Steelman,** "Radiocarbon dating of rock paintings using plasma-chemical extraction," American Laboratory, 2002.

[69] **D. S. Cai,Y. T. Li, C. J. Xiao, and X.Y.Yan,** "Three-dimensional electromagnetic particle simulations of the solar wind-magnetosphere interaction with time-varying IMF using HPF TRISTANcode," in Proc. ISSS-6. Garching, Germany, 2001, pp. 1–4.

[70] **T. Gold,** "Large solar outburst in the past," Pontificiae Academiae Scientiarvm Scripta Varia, vol. 25, pp. 159–174.

[Rupestre/web Inicio] [Artículos] [Zonas] [Noticias] [Vínculos] [Investigadores] [Publique]