UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESPIRAL

VIDEO DOCUMENTAL EN TORNO AL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DINÁMICO ESTELARES EN TRES DIMENSIONES PRODUCIDOS POR LOS BRAZOS EN GALAXIAS ESPIRALES

REPORTE DEL PROYECTO DE APOYO A LA DIVULGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

FÍSICO

PRESENTA :

ERNESTO MATA PLATA

TUTOR:
DRA. BÁRBARA SELÉN PICHARDO SILVA
2016

JURADO ASIGNADO

Presidente	Dr. José de Jesús Franco López	Instituto de Astronomía, UNAM.
Vocal	Dra. Elaine Reynoso Haynes	DGDC, UNAM.
Secretaria	Dra. Bárbara Selén Pichardo Silva	Instituto de Astronomía, UNAM.
Suplente	M. en C. Patricia Magaña Rueda	Facultad de Ciencias, UNAM.
Suplente	Dr. Raúl Mújica García	INAOE

Lugares donde se realizó el proyecto:

Instituto de Astronomía, UNAM
Facultad de Ciencias, UNAM

Para mis padres Alicia y Ernesto por ser mi origen
en el espacio, en el tiempo y en el pensamiento.

Para David por enseñarme los sentimientos
que desborda la fortuna de tener un hermano.

AGRADECIMIENTOS

Me hice universo, galaxia, planeta
en mí lomo crecieron animales y selvas
y la inteligencia fue haciéndose rienda
para mi nerviosa emoción.

Silvio Rodríguez.

Este trabajo está hecho con lo que soy.

Está hecho del amor incondicional de mis padres y de todas sus consecuencias, está hecho del día que nació David y de los cuidados de mi abuela Aurora.

Está hecho con la confianza que me da tener una extensa y amorosa familia: Rocío, Paty, Armando, Silvia, Beto grande, Miguel, Víctor, Luz, Beto chico, Isaac, Maicol, Alejandro, América, Yesica, Jazmín, Regina, Jaime, Raymundo, tía Lupe, Isabel, Juanita, Nadia... y todo un pueblo llamado Apango que siempre fue mi escondite.

Está hecho con el aprendizaje que obtuve creciendo junto a mis mejores amigos: Elián, Israel, Jacobo, Jonathan y Víctor.

Está hecho con los objetos, los lugares, las causas y los azares que construyeron el camino del pensamiento que me trajo hasta aquí. Está hecho con logros, con fracasos y con la necesidad constante de ser y creer en algo distinto.

Agradezco a todas las personas con las que tuve o tengo el privilegio de coincidir y aprender de ellas.

A Guillermina Rochelle por creer, por enseñarme, por aprender, por estar conmigo sin estar y porque detrás de la distancia siempre habrá una foto de nosotros dos.

Agradezco la compañía de mis compañeras de casa: Alejandra, Christian y Erendira. Por las pláticas en la mesa de la cocina, por compartirnos secretos y porque su presencia es agradable, incluso cuando busco la soledad. A Jack el perro por quererme y por alegrarme siempre que llego a la casa.

A Mariana por el amanecer en la playa, por agarrarme de la mano cuando me aventé al mar, por el viaje a través de una isla socialista, por disfrutar y compartir nuestras pasiones, porque menos mal nos enmendamos, por esto, por lo otro y por los motivos suficientes para decir...

Le agradezco eternamente a la Dra. Bárbara Pichardo por su confianza, su apoyo a mis ideas, su eterna paciencia, su alegría y sus ganas contagiosas de trabajar. Le agradezco porque tiene la magia para recibir siempre a sus estudiantes con una sonrisa y por darme la oportunidad de tener como tutora a la mejor astrónoma de la Vía Láctea.

Agradezco a la gente que me ayudó para realizar este proyecto. A Ángeles Pérez por explicarme el modelo y enseñarme a usar el código, a Luis Martínez por compartirme sus datos. A Brenda Arias por revisar, apoyar y comentar mis ideas. A Yaxkin Coronado, Patricia Hernández, Miguel Bastarrachea, Olinka Ramírez y Priscila Santillán por ser mis amigos y por regalarme su tiempo para la entrevista. A Zeus porque no me ayudó pero a veces tiene ideas chidas. A Alejandro Farah por su confianza y por toda la energía que transmite. A Sandra Mariel por acompañarme a hacer las grabaciones y por haber sido parte importante en mi vida.

A los excelentes profesores que conocí en mi formación universitaria: les agradezco por compartir sus conocimientos y por ayudar a construir mi visión de "La Vida" y de aquello que llamamos "Ciencia", que no es lo mismo pero es igual.

Quisiera mencionar la fortuna que tengo por conocer y ser inspirado por extraordinarios maestros como: Víctor Romero, Alejandro Martínez, Ernesto Marquina, Octavio Novaro, Miguel Alcubierre, Shahen Hacyan, Julieta Fierro, Gabriela Frías, Aline Villegas, Sergio de Regules, Martín Bonfil.

Agradezco a mis sinodales por regalarme su tiempo para leer y corregir este trabajo escrito. A la Mtra. Patricia Magaña por compartir su experiencia y por sus correcciones puntuales. A la Dra. Elaine Reynoso por su gran conocimiento, sus recomendaciones y por la confianza que inspira. Al Dr. Raúl Mújica por su buen humor, por sus observaciones y por su apoyo desde lejos a este proyecto. Al Dr. José Franco por su plática y por regalarme una experiencia decisiva en mi vocación, al recibirme en su oficina cuando yo era estudiante de preparatoria.

Finalmente agradezco al Dr. William Lee, al proyecto Conacyt 101958 y PAPIIT IN 114114 por el gran apoyo que brindaron para realizar este proyecto.

A todas las personas del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (estudiantes, trabajadores e investigadores) por hacer de este lugar, uno de los mejores sitios para convertir la realidad en sueños y también viceversa.

¡Muchas muchas Gracias!

RESUMEN DEL PRODUCTO

Este proyecto de apoyo a la divulgación de la ciencia consiste en la elaboración de un video a partir de una síntesis de artículos científicos, para explicar un modelo físico (único en la literatura) que describe el potencial gravitacional y los efectos dinámico estelares en tres dimensiones de los brazos espirales en las galaxias de disco. El modelo tiene el nombre de "PERLAS" (sPiral arms potEntial foRmed by obLAte Spheroids) y fue desarrollado por investigadores del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM).

Para realizar este video utilicé técnicas visuales, lenguaje y herramientas del cine documental y del video con producción para internet. De igual forma me apoyé en estudios y propuestas de expertos en comunicación de la ciencia y consideré la importancia de usar las herramientas que nos brindan las técnicas modernas de comunicación, para la distribución de este producto audiovisual.

El contenido científico está asesorado por la Dra. Bárbara Pichardo Silva, investigadora del IA-UNAM y una de las autoras de los artículos científicos que se presentan durante el video.

Este video de divulgación de la ciencia intenta describir un tema importante, pero complicado en ciencia, de una forma atractiva, clara, breve y precisa, para que sea visto por estudiantes preuniversitarios que tengan interés en cursas una carrera dirigida al estudio de la astrofísica.

Las características de la producción y posproducción del proyecto, muestran la importancia y la facilidad de generar material de naturaleza televisiva dentro de un instituto de investigación científica, sin necesidad de acudir a televisoras o empresas productoras audiovisuales. Por la forma en la que se realizó y la forma en que se distribuirá, reducirá costos y se obtendrá material de buena calidad comparable a los que se crean de manera profesional.

El objetivo de este producto es comunicar parte del trabajo que se realiza en el Instituto de Astronomía, mostrando el interés en utilizar técnicas actuales de comunicación para el aprendizaje y divulgación de la ciencia.

ÍNDICE

I Introducción 1

II Fundamentos Físicos 3
- Clasificación morfológica de galaxias
- Galaxias espirales “normales”
- Estructura no axisimétrica: brazos espirales
- Modelo PERLAS
- Superposición de esferoides oblatos inhomogéneos

III Metodología y Resultados 10
- Estrategias para la divulgación de la Ciencia
- Investigación del tema principal
- Producción y posproducción
- Guión

IV Discusión y conclusiones 30

Anexo 32

INTRODUCCIÓN

Los objetos de estudio de la astronomía, poseen un peculiar atractivo visual y conceptual, que se combina con el interés que tenemos los seres humanos por descifrar los misterios de la naturaleza. Es así como la astronomía puede ser utilizada como puerta de entrada para la divulgación de otras áreas de la ciencia relacionadas, como la física, las matemáticas, la química, la biología y la Informática, entre otras.

La incorporación de la ciencia y la innovación tecnológica a la cultura general de nuestra población es esencial para avanzar hacia una sociedad del conocimiento. En este proceso, las universidades desempeñan un papel importantísimo a través de sus tres funciones sustantivas: la docencia, la investigación y la difusión de la cultura.[1]

El Instituto de Astronomía de la UNAM cuenta con un Departamento de Comunicación de la Ciencia, cuyo objetivo es acercar al público en general, al conocimiento que se genera día a día en el ámbito astronómico, a través de conferencias de divulgación, observaciones astronómicas y talleres para niños y adultos, entre otras. Este acercamiento del público al Instituto, permite detectar algunas características de la percepción pública de la Ciencia, que resulta distinta a la percepción dentro de la comunidad científica, debido particularmente a la deficiente cultura científica en México.

Sin duda, la formación de cuadros de alto nivel y la investigación de frontera, con su correspondiente generación de nuevos conocimientos, son parte esencial del trabajo universitario. Pero esta esencia queda socialmente inexplorada, aislada, si los frutos del conocimiento no se transmiten eficientemente a la ciudadanía mediante programas de difusión de la cultura. Dentro de este contexto, la comunicación pública de la ciencia (CPC) tiene un papel muy relevante ya que constituye la herramienta más poderosa para apoyar el proceso de incorporación de la ciencia y la tecnología a la cultura general de la población.[2]

1, 2 Reynoso, E., & Franco, J.. (2015). Universidades y comunicación pública de la ciencia: La experiencia de la DGDC-UNAM.. En Hacia dónde va la ciencia en México. Comunicación pública de la ciencia.(p.22). México: UNAM.

Tomando en cuenta lo anterior, la planeación del video documental tuvo dos objetivos principales:

a) Utilizar una publicación científica como tema principal para crear el producto audiovisual y así mostrar al público en general la forma en la que se realiza un proyecto de investigación en astronomía, específicamente en "dinámica galáctica", tema en el que fundamentamos este proyecto.

La mayoría de los documentales que tratan temas de Astronomía y que vemos en medios masivos de comunicación, son de origen extranjero y hechos principalmente con fines comerciales. Se genera poco material audiovisual con formato documental, que sea hecho dentro de la misma comunidad universitaria, que hable de la ciencia que se genera dentro de los institutos de investigación y que describa la experiencia y el camino académico por el cual un estudiante llega a ser parte de una investigación y de una comunidad científica. Esto representó una dificultad para localizar antecedentes que respaldaran el proyecto, ya que no encontré productos audiovisuales hechos por los propios científicos, basados en sus propias publicaciones científicas.

Para realizar el guión escrito del video, recurrimos a estudios de profesionales que se dedicaron a formular teorías y modelos para la comunicación de la ciencia escrita. Un ejemplo es el trabajo de Aleida Rueda Rodríguez, quien en su tesis de licenciatura propone un modelo para sintetizar la información de los artículos científicos para crear un artículo periodístico.

Como base y estrategia para realizar el proyecto de divulgación, recurrimos a la definición de "Divulgación de la Ciencia" propuesta por Ana María Sánchez Mora, después consideramos estrategias propuestas por distintos autores y recopiladas en el libro "Antología de la divulgación de la ciencia en México".

b) A través de este video documental pretendo mostrar una parte de lo que representa realizar una investigación astronómica profesional, desde la perspectiva de un estudiante joven con poca experiencia, para que así el estudiante tenga una herramienta más que le ayude a decidir entre estudiar astrofísica o no. Así fue como recurrimos a estudiantes de la licenciatura en física y del posgrado en astrofísica para obtener y mostrar información a través de entrevistas video grabadas y editarlas conforme la estructura del guión del video.

Por otra parte, la elaboración de este reporte tiene como objetivo describir el proceso mediante el cual se produjo este video documental, con el propósito de que en el futuro exista un análisis académico por parte de gente especializada en la divulgación de la ciencia, esperando que se puedan generar criterios para la evaluación de este producto. Esperamos que el reporte pueda servir como referencia a futuros estudiantes de física, interesados en utilizar medios audiovisuales como método para divulgar su trabajo científico.

FUNDAMENTOS FÍSICOS

Clasificación morfológica de galaxias

Los primeros pasos en el estudio de la estructura de las galaxias fueron el desarrollo de esquemas de clasificación. Edwin Hubble hizo una gran contribución a la astronomía desarrollando el primer esquema de clasificación, basado en la apariencia visual de las galaxias (Hubble 1926). El esquema de clasificación de Hubble presenta varios tipos morfológicos de galaxias que van desde galaxias elípticas, espirales normales, espirales con barra hasta irregulares.

Las espirales tanto normales como barradas, van de tipos tempranos (Sa o SBa para normales o barradas, respectivamente) a tardíos (Sc o SBc), es decir, van de masas totales muy grandes (las cuales se obtienen de modelos asociándoles una razón masa luminosidad determinada), bulbos masivos y brazos espirales muy cerrados y suaves a masas totales pequeñas, bulbos poco masivos y brazos espirales abiertos y con “filigrana” (Hubble 1926).

La secuencia de Hubble ha sido modificada y expandida a lo largo de la historia por otros astrónomos; los esquemas de clasificación que sucedieron al esquema de Hubble han servido para dar una clasificación más detallada de las galaxias, aunque los fundamentos se han mantenido relativamente sin cambios.

Galaxias espirales “normales”

En el esquema de Hubble fueron llamadas galaxias espirales normales a las galaxias espirales sin barra. Grosbol y colaboradores (2002) realizaron observaciones en la banda K de 30 galaxias, las cuales fueron clasificadas como espirales normales de observaciones en el visible.

La mayoría de las galaxias observadas en la banda K muestran un patrón espiral de dos brazos, de gran diseño y brazos simétricos (Grosbol 2002).
Las galaxias espirales normales están formadas por un fondo axisimétrico (bulbo, disco y halo) y una componente no axisimétrica (brazos espirales). Una de las características más prominentes de las galaxias de disco son los brazos espirales que le dan su nombre a las galaxias más abundantes del Universo, las galaxias espirales (éstas representan el 70% de las galaxias en general – van Den Bergh 1998).

Las galaxias espirales muestran grandes cantidades de gas y polvo en los brazos, en donde también se encuentra evidencia de formación estelar reciente. Se cree que la mayor parte de formación estelar se lleva a cabo en la región de los brazos espirales. Sin embargo, en estudios recientes realizados sobre la formación estelar en la región de los brazos y en la región interbrazo, se concluye que la formación estelar en la región interbrazo es significativa también, incluso en galaxias espirales de gran diseño (Foyle et al. 2010).

La masa de los brazos espirales es baja comparada con la masa total del disco (hasta el 5% máximo aproximadamente de la masa del disco, para una galaxia tipo Vía Láctea –Pichardo 2003). Sin embargo, su distribución de masa es tal que afecta severamente la dinámica orbital interna de las galaxias, produciendo órbitas periódicas de alta elipticidad, regiones resonantes e importantes regiones de caos en el plano galáctico.

Estructura no axisimétrica: brazos espirales

Los brazos espirales de una galaxia son más azules que el resto del disco y la emisión en H(alfa) (de las regiones HII) demuestra que los brazos son sitios de formación, la emisión en la banda roja, muestra que los brazos espirales parecen más suaves y más anchos, por lo que también los brazos espirales albergan estrellas de población vieja. Algunas galaxias presentan una estructura espiral de gran diseño, esto significa, que al observar a la galaxia en la banda B, el disco está dominado por dos brazos espirales. Desde el comienzo de los estudios de los brazos espirales, se han realizado estudios sistemáticos de la forma matemática para modelarlos. Danver (1942) y Kennicutt y Hodge (1982) ajustaron diferentes tipos de curvas espirales y concluyeron que los brazos espirales se representan mejor por espirales logarítmicas.

Modelo PERLAS

En la actualidad sólo hay un modelo tridimensional para describir el potencial detallado generado por los brazos espirales basado en una distribución de densidad: PERLAS (Pichardo et al. 2003). Aunque este modelo fue hecho inicialmente para los brazos espirales de la Vía Láctea, tiene la característica de que se pueden ajustar los parámetros libremente de manera que podemos modelar los brazos de cualquier galaxia (siempre que se conozcan sus parámetros estructurales).

La idea se basa en un principio de superposición y consiste en colocar un conjunto de esferoides oblatos inhomogéneos individuales, a lo largo de un lugar geométrico de forma espiral . Estos objetos son como las cuentas de un collar, pero tienen la libertad de traslaparse para representar una distribución de masa suave. Los brazos espirales están superpuestos sobre un fondo axisimétrico (ver Figura 1).

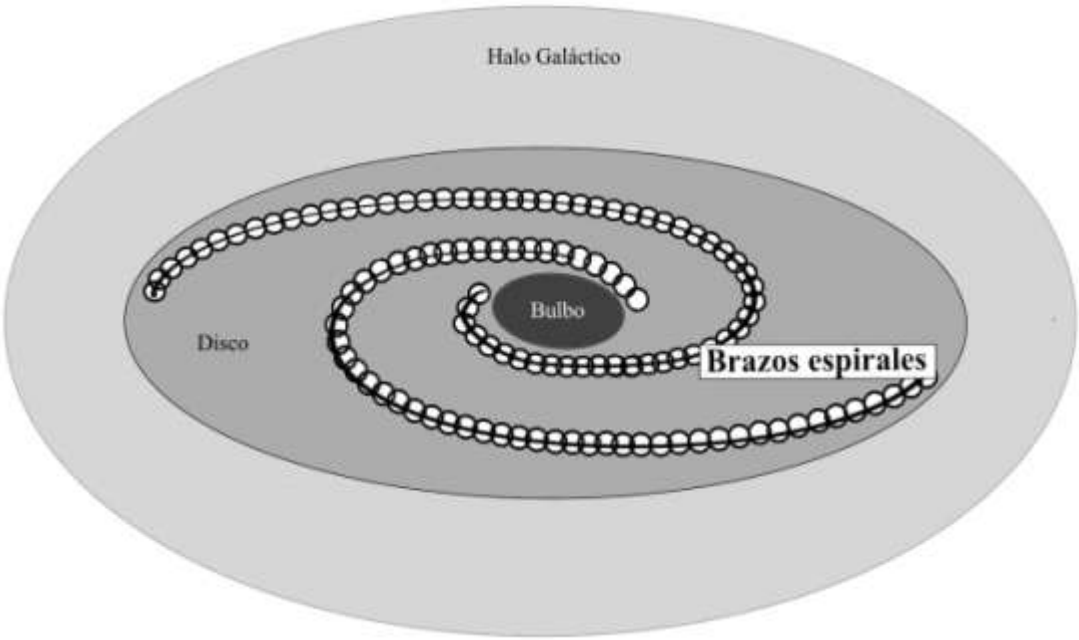

Figura 1: Esquema de la superposición de los brazos espirales formando por esferoides oblatos inhomogéneos al potencial axisimétrico.

Esferoides oblatos inhomogéneos

El modelo PERLAS está construido como una superposición de esferoides oblatos, por lo tanto, el potencial y fuerza de los brazos en cualquier punto del espacio es la suma de los correspondientes campos de cada esferoide. La densidad del brazo cae a lo largo de éste y en la dirección. Por lo que el modelo PERLAS, está basado en una superposición de esferoides oblatos inhomogéneos. En particular, se emplea teoría de potencial para esferoides oblatos inhomogéneos con estratificación similar en la densidad (Schmidt 1956). Para estos esferoides, las superficies de igual densidad son oblatas, concéntricas, con ejes paralelos y con una misma razón axial igual a la razón de ejes de la superficie frontera del esferoide oblato inhomogéneo.

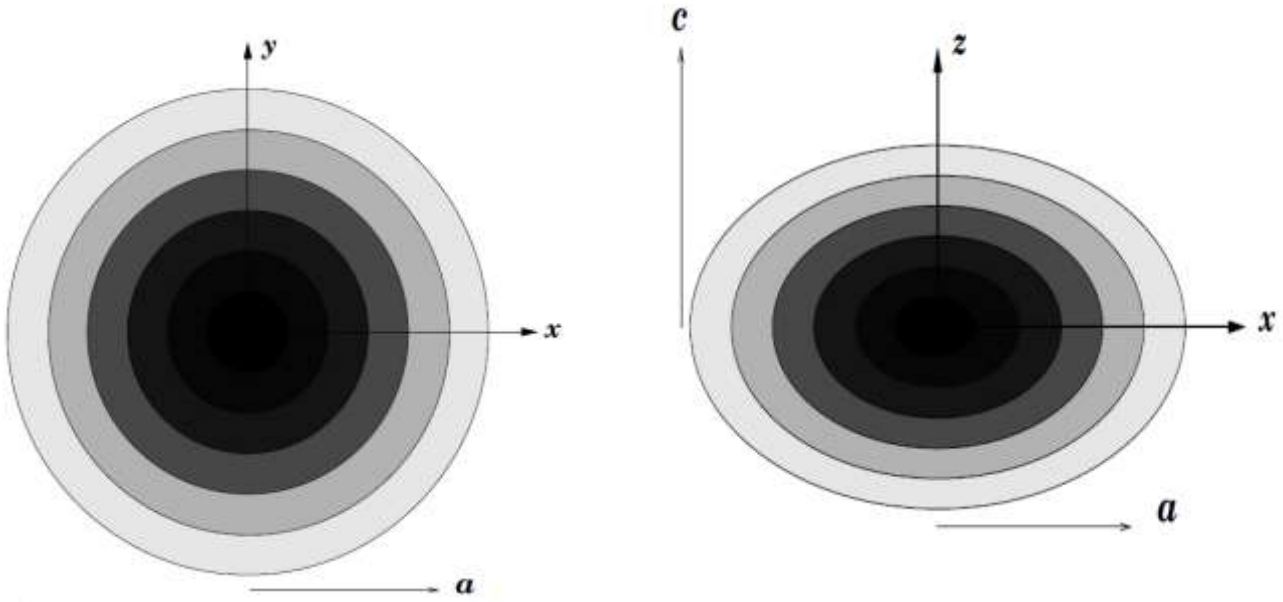

Figura 2: Esquema de un esferoide oblato inhomogéneo con estratificación similar, en el plano x-y (arriba) y en el plano x-z (abajo). Figura tomada de la tesis de doctorado de bárbara Pichardo(2003).

El potencial y campo de fuerza de un esferoide oblato inhomogéneo con la densidad lineal, han sido obtenidos por Schmidt (1956). En coordenadas cilíndricas (R, z, β_0), estas expresiones son:

Para la fuerza:

$$
\begin{aligned}
F_z(R,z,\beta_0) \;=\; & -2\pi e^{-4}\sqrt{1-e^2}\Bigg\{\; 2p_0 \;\; e\; z\; (tan\beta_0-\beta_0) \\
& +zp_1\left[\frac{2\cos^2\beta_0+1}{\cos^2\beta_0}\sqrt{R^2\cos^2\beta_0+z^2}-3\sqrt{R^2+z^2}\right]+p_1(R^2-2z^2) \\
& \cdot\ln\frac{\left(\sqrt{R^2\cos^2\beta_0+z^2}+z\right)\left(\sqrt{R^2+z^2}-z\right)}{R^2\cos\beta_0}\Bigg\},
\end{aligned}
$$

Para el potencial:

$$
\begin{aligned}
\Phi(R,z,\beta_0) \;=\; & -4\pi e^{-4}\sqrt{1-e^2}\Bigg\{e^3a_r^2\beta_0\left(\frac{1}{2}p_0+\frac{1}{3}p_1a_r\right) \\
& -\frac{1}{2}p_0e\left[\frac{1}{2}R^2(\beta_0-sen\beta_0\cos\beta_0)+z^2(\tan\beta_0-\beta_0)\right] \\
& +\frac{1}{9}p_1\left[\left(R^2+z^2\right)^{3/2}-\left(R^2\cos^2\beta_0+z^2\right)^{3/2}\right] \\
& +\frac{1}{3}p_1\left[\frac{3}{2}z^2-R^2\right]\sqrt{R^2+z^2}+\frac{1}{3}p_1\left[R^2-z^2\left(\frac{2\cos^2\beta_0+1}{2\cos^2\beta_0}\right)\right]\sqrt{R^2\cos^2\beta_0+1} \\
& -p_1\left(\frac{1}{2}R^2-\frac{1}{3}z^2\right)z\ln\frac{\left(\sqrt{R^2\cos^2\beta_0+z^2}+z\right)\left(\sqrt{R^2+z^2}-z\right)}{R^2\cos\beta_0}\Bigg\}.
\end{aligned}
$$

que representa el potencial Φ (tal que $\Phi = 0$ para $r \rightarrow \infty$) y se toman las unidades de tal manera que G = 1.
$e=\sqrt{1-\frac{c^2}{a^2}}$ es la excentricidad, con a, c los semiejes mayor y menor respectivamente.

La masa del esferoide oblato inhomogeneo es

$$M_O=-\frac{1}{3}\pi {a_r}^4\sqrt{1-e^2}p_1,$$

$$p_1=\frac{-3M_O}{\pi {a_r}^4\sqrt{1-e^2}}.$$

Ahora, se necesita conocer la posición de un punto dado en el espacio,
r' = (x', y', z'), respecto al centro de cada esferoide. Esta posición se requiere para calcular el potencial y fuerza totales. En coordenadas Cartesianas (x', y') el vector de posición del centro del n-ésimo esferoide en el brazo R1 es:

$$\mathbf{r}'_{1_n} = R_{1_n}(\hat{\mathbf{i}}' \cos\varphi_n + \hat{\mathbf{j}}' \operatorname{sen}\varphi_n).$$

La posición del mismo esferoide en el brazo R2, es $\mathbf{r}'_{2_n} = -\mathbf{r}'_{1_n}$.

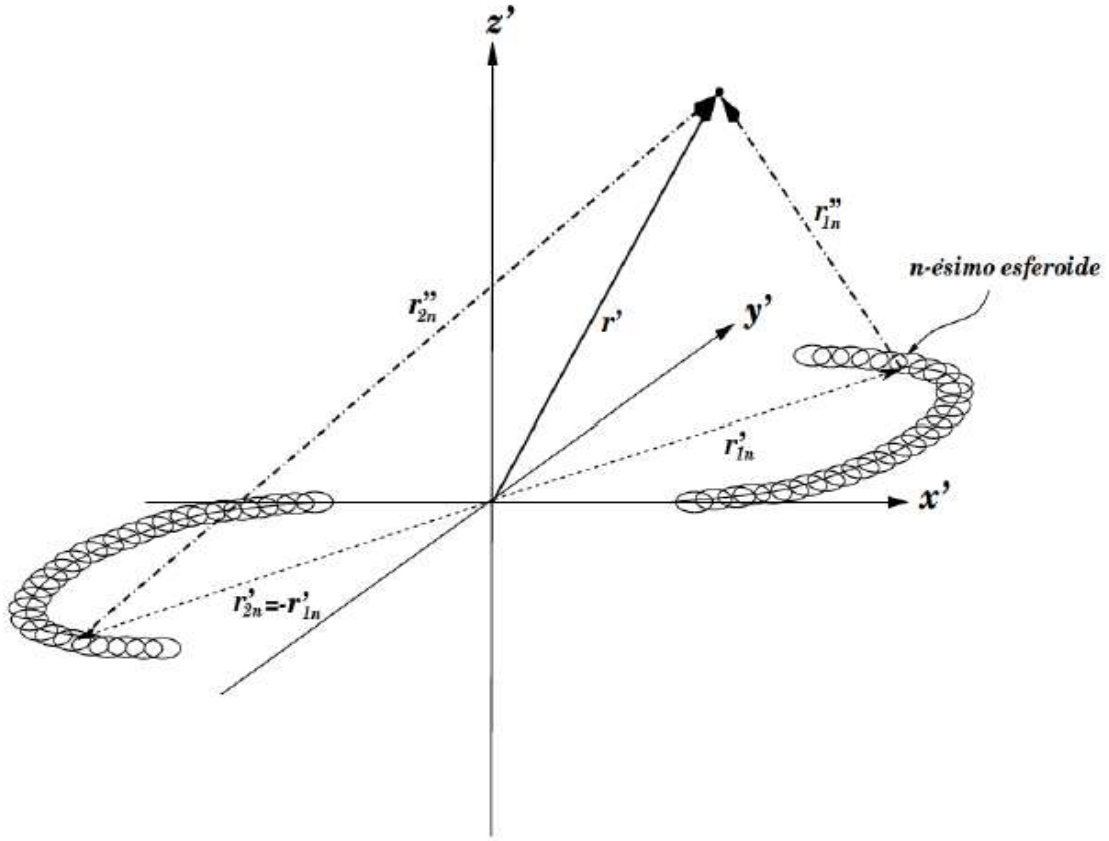

Figura 3: Posición vectorial del punto arbitario **r'** respecto a los centros de los esferoides. Figura tomada de la tesis de doctorado de Bárbara Pichardo (2003).

De lo anterior, la coordenada radial cilíndrica del punto **r'** respecto al n-ésimo esferoide en el brazo R1 es,

$$\begin{aligned} R''_{1_n} = |\mathbf{R}''_{\mathbf{1_n}}| &= \{(x' - R_{1_n}\cos\varphi_n)^2 + (y' - R_{1_n}\operatorname{sen}\varphi_n)^2\}^{1/2} \\ &= \left\{x'^2 + y'^2 + R_{1_n}^2 - 2R_{1_n}(x'\cos\varphi_n + y'\operatorname{sen}\varphi_n)\right\}^{1/2}, \end{aligned}$$

el n-ésimo esferoide para el brazo R2,

$$R''_{2_n} = |\mathbf{R}''_{\mathbf{2_n}}| = \left\{x'^2 + y'^2 + R_{1_n}^2 + 2R_{1_n}(x'\cos\varphi_n + y'\operatorname{sen}\varphi_n)\right\}^{1/2}.$$

En ambos casos la coordenada cilíndrica z_0 es la misma.

Las coordenadas cilíndricas (R''_{1n}, z'), (R''_{2n}, z'), son las coordenadas que se emplean para obtener las contribuciones de los esferoides n-ésimos en los brazos espirales R_1 y R_2 al potencial y fuerzas totales en el punto r'.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Estrategias para la divulgación de la ciencia

La creación del video se basa en criterios que adquirí con la experiencia de haber estudiado la licenciatura en física en la Facultad de Ciencias de la UNAM, así como del aprendizaje adquirido por divulgadores de la ciencia con quienes tomé clase y proyectos de divulgación de la ciencia en los que participé. Como estudiante de una carrera científica y constante espectador de productos audiovisuales de carácter documental, pude percatarme de la existencia de documentales científicos (principalmente extranjeros) relacionados con temas de astronomía que, como se mencionó anteriormente, es un tema que atrae el interés de un gran número de personas.

Sin embargo estos documentales abordan como tema principal los resultados e interpretaciones que forman parte de la etapa final de la investigación científica, y pocas veces hablan del proceso por el cual el astrónomo llega a los resultados, es decir, la mayoría de los documentales científicos funcionan para atraer la atención fácil del espectador, pero pueden ser poco funcionales en caso de que el espectador quiera utilizarlos como guía para conocer lo que se necesita para dedicarse a la profesión de astrofísico o las características esenciales y generales de quiénes, cómo y dónde se hace investigación astronómica. Partiendo de esto, surgieron **cuatro problemas principales** que resolver para poder realizar un producto distinto a lo ya visto, creado a partir de una publicación científica y dirigido a estudiantes mexicanos:

¿Qué tema escoger para un documental de astronomía?
¿Cómo explicarlo de forma coherente y fidedigna sin hacerlo árido?
¿Cómo contribuir para modificar la percepción pública de la ciencia?
¿Qué medio utilizar para la distribución del documental?

Como **tema principal del documental**, decidí hablar de un artículo científico (hecho por astrónomos mexicanos) y su aplicación actual, así fue como escogí el proyecto nombrado "Modelo tridimensional autogravitante para los brazos espirales de galaxias de disco", dirigido por la Dra. Bárbara Pichardo Silva del Instituto de Astronomía de la UNAM.

Utilicé la definición de Ana María Sánchez Mora (2002), como eje central para crear el video de Divulgación de la Ciencia de nuestro tema principal.

"La divulgación de la ciencia es una labor multidisciplinaria, cuyo objetivo es comunicar el conocimiento científico utilizando diversos medios, a diversos públicos voluntarios recreando ese conocimiento con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible"

En el artículo llamado "La importancia de contar historias", Estrella Burgos (editora de la revista "¿Cómo Ves?"), retoma lo que Luis Estrada señala como el objetivo de la Divulgación de la Ciencia:

"Con la divulgación de la ciencia se busca acrecentar la cultura científica, cultura con todas sus letras, es decir, algo vivo, orgánico, usual, con lo que las personas vivan y convivan. Científica también en un sentido profundo, que implique no sólo conocimiento sino una participación de la vida y la actitud, de la pasión y la crítica que las prácticas científicas conllevan"

En este mismo artículo, Estrella Burgos argumenta:

El escritor de ciencia Jeremy Hsu, en un artículo publicado en la edición del 18 de septiembre de 2008 de la revista Scientific American Mind, explora las posibles razones evolutivas de que el contar historias sea un rasgo común a todas las culturas, señala que "Las historias tienen un poder único para persuadir y motivar porque apelan a nuestras emociones y capacidad para la empatía. Y contribuyen a nuestras creencias o les dan forma"

Por su parte, en un artículo titulado "El narrador convincente", Roy Peter Clark (quien por décadas ha enseñado en Estados Unidos el oficio de escribir), señala que "Lo que las historias pueden dar es la experiencia. Cuando integramos elementos narrativos en nuestros artículos, no sólo indicamos a los lectores un lugar, usamos el lenguaje para ponerlos ahí y permitirles habitarlo" (Clark, R.P.). Suena idóneo para lo que propone Luis Estrada.[3]

Tomando en cuenta lo anterior, decidí crear un personaje y utilizarlo para narrar una historia ficticia durante el video. Alrededor de esta historia construí la

[3] Burgos, E. (2013). La importancia de contar historias. junio, 5, 2015, de CECTI Sitio web: http://www.revistacecti.com/?p=486

estructura secuencial para hablar de los conceptos que consideramos importantes de nuestra temática principal.
Utilicé el recurso de entrevistas video grabadas a estudiantes, para mostrar ¿Cómo es parte del proceso para estudiar una carrera científica como la astrofísica? y ¿Cómo se construye el conocimiento científico en astrofísica?.

Me interesó que el estudiante exponga sus puntos de vista acerca de su experiencia en el camino hacia la investigación científica, ya que como una actividad humana más. Citando a Ma. de Lourdes Berruecos:

"*La ciencia refleja de manera inevitable los puntos de vista y los valores de la sociedad en la cual se encuentra inmersa. En este sentido, la divulgación desempeña un papel importante en la escenificación y construcción de la representación social de la ciencia y sus actores. El discurso de divulgación expone una serie de procedimientos de sustitución del léxico especializado que reflejan, proponen y constituyen representaciones sociales. Éstas son escenificadas en función de la formación del divulgador, del objeto por comunicar y los medios para hacerlo, así como del público-meta, en un contexto histórico-social determinado*".[4]

Utilizamos la información que obtenemos de los artículos científicos para crear la historia que narra nuestro personaje, por lo que el análisis de estos artículos requiere más que un simple resumen de la información; por esta razón decidimos que el tratamiento correcto para analizar nuestra literatura científica es la "Síntesis". Mientras que el resumen consiste en redactar un texto nuevo a partir de otro, “abreviando” las ideas principales de la versión original, la síntesis parte de una diversidad de ideas, conceptos y fuentes. Los analiza, vincula y jerarquiza sin seguir la lógica del texto original sino construyendo un nuevo orden de ideas y un nivel de conocimiento superior.

De modo que utilizamos la definición de Sintesis propuesta por Aleida Rueda.

SÍNTESIS *es el proceso mediante el cual se logra una exposición breve producto de la composición lógica narrativa de las unidades de conocimiento esenciales de una o más fuentes originales, de tal modo que incluya, a partir de*

[4] Berruecos, L. 2000. "Las dos caras de la ciencia: Representaciones sociales en el discurso". En *Revista Iberoamericana de Discurso y Sociedad*, vol. 2, núm. 2, Barcelona, pp. 105-130.

una diversidad de información, únicamente las ideas principales, los elementos informativos mínimos que se necesitan para entender el texto original, y los reúna estableciendo un nuevo sentido y una interrelación lógica entre ellos, desde los más simples a los más complejos [5].

Para la distribución del video documental usaré uno de los medios de comunicación que ha tenido un gran crecimiento en los últimos 15 años: Internet; que a su vez ha provocado una revolución en cuanto a la forma de comunicación y aprendizaje, sobre todo entre personas jóvenes quienes son las que más acceden a este medio. Dentro del internet existen sitios como You Tube, que están marcando tendencia a una nueva forma de ver contenidos audiovisuales, similar al concepto de la televisión, con la diferencia de un alcance mundial y en cualquier momento.

Después de la edición del video y de la aprobación del contenido por los académicos y científicos involucrados; será publicado en internet a través de You Tube y difundido a través de redes sociales especializadas en la difusión de la ciencia; lo que garantiza que un público amplio puede acceder a ellos de una forma gratuita, en cualquier momento y en cualquier parte del mundo.

Estos fueron los elementos que tomé en cuenta para empezar nuestro proyecto de divulgación y fueron el criterio principal para construir el guión del video documental.

Investigación del tema principal

Una vez planteado el proyecto comencé a trabajar con la Dra. Bárbara Pichardo (tutora de este proyecto) de manera similar a la construcción de un artículo científico, de esta forma me involucré en el tema y los problemas de frontera, a través de la lectura y la discusión de publicaciones relacionadas con el área de investigación en dinámica estelar.

[5] Rueda, A. 2007. La síntesis como herramienta en el periodismo de ciencia: un análisis comparativo con su uso en la literatura infantil. México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM.

Posteriormente comencé con la lectura del artículo que escogí como tema principal "Modelo tridimensional autogravitante para los brazos espirales de galaxias de disco" y paralelamente realicé reuniones con la Dra. Barbara Pichardo para discutir dudas de conceptos fisicomatemáticos y a la vez aportar elementos narrativos. Estas reuniones eran videograbadas para posteriormente recrear con fidelidad la información que me fue proporcionada.

En esta parte coincidí con lo que menciona Javier Crúz Mena, en su texto "La ciencia del periodismo de ciencia", donde hace un esbozo de los criterios de calidad de la profesión. Entre ellos incluye la remisión de fuentes fidedignas, y explica:

> Excepto cuando resulte materialmente imposible –por restricciones de tiempo- su trabajo (del periodista de ciencia) consistirá, por lo común, en leerse varios artículos provenientes de publicaciones tales como *Science*, *Nature*, *Physical Review Letters* o *New England Journal of Medicine*, reportes técnicos de los propios centros de investigación, libros de texto y material diverso de alto calibre, simplemente para preparar los cuestionarios que someterá a los investigadores que harán de fuentes testimoniales.[6]

Una vez entendido y estudiadas las bases teóricas de nuestro tema principal, comencé a trabajar con el código computacional que se utiliza para obtener datos a través del modelo físico de nuestro tema principal, aprendí a utilizar este código con ayuda de estudiantes que trabajan con la Dra. Barbara Pichardo, quienes me permitieron conocer otra perspectiva del proyecto y los detalles técnicos de esta investigación científica.

De toda la información necesaria para entender la astrofísica del tema principal, tuve que acotar en subtemas que consideré importantes para explicar de manera sencilla y fiel en el producto de divulgación de la ciencia, y evitar la saturación de información que pudiera resultar confuso para el espectador.

Para armar el guión del video, abordé los siguientes conceptos derivados del tema principal, los cuales decidí llamar: **conceptos de estructura**, ya que a partir de estos conceptos armamos el guión del documental.

[6] Crúz, J. (2002). *La ciencia del periodismo de Ciencia*. En Antología de la divulgación de la ciencia en México (114). México: UNAM

Guión:

- ¿Qué es la Vía Láctea?
- Morfología de las galaxias.
- Estructura de las galaxias con brazos espirales.
- Potencial gravitacional.
- Superposición de esferoides para la construcción del potencial de los brazos espirales.
- Código computacional.

De forma paralela al tema principal, decidí complementar la información a través de entrevistas video grabadas a estudiantes de la licenciatura en física y del posgrado en astrofísica, para ofrecer al espectador un panorama general del proceso de una investigación en astrofísica.

Como técnica cualitativa, la entrevista es una de las vias más comunes para investigar la realidad social. Permite recoger información sobre acontecimientos y aspectos subjetivos de las personas: creencias, actitudes, opiniones, valores y conocimiento, que de otra manera no estarían al alcance de una investigación.[7]

La información que decidimos obtener en las entrevistas es:

- La física y su aplicación en la astronomía.
- Aptitudes del estudiante de física.
- La importancia de las matemáticas para la física.
- Lectura de publicaciones científicas.
- La importancia de la computación en la astronomía.
- Experiencias personales de estudiantes de astrofísica.

Para elegir y dirigir las pregunta de la entrevista, necesité manejar el nivel de conocimiento en relación al tema, este conocimiento lo obtuve a través de la experiencia y el conocimiento que adquirí como estudiante de la carrera de física en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

---

[7] Acevedo Ibáñez, A. (1988). El proceso de la entrevista: conceptos y modelos. México, D.F.

El truco, dice Crúz Mena, está en poseer una cultura científica general para leer y procesar la información, hacer preguntas incisivas a los especialistas, y llevarlo al papel con un lenguaje adecuado. Aunque las cuestiones "la cultura científica y el lenguaje adecuado" quedan más o menos claras, la complejidad viene cuando nos planteamos: ¿cómo identificar los puntos para hacer las preguntas adecuadas?

Si bien las cuestiones del talento, la experiencia, el estilo personal y la educación son situaciones elementales para lograr un trabajo más profesional, en este caso, además, la respuesta tiene que ver con la síntesis, la cual le permitiría al reportero identificar la información esencial que necesita su reportaje.[8]

Producción y Posproducción

Después de trabajar e involucrarme con la teoría y la parte técnica del tema principal, la siguiente parte del proyecto consistió en realizar el guión del video documental. Utilicé como estrategia de divulgación "contar una historia"; y la primer idea para escribir el guión, fue crear un personaje con el objetivo de contar la historia (ficticia) de su acercamiento a la astronomía. El guión que construí está hecho para explicar los **conceptos de estructura** y relacionarlos con la historia que se cuenta a través del personaje. Eliminé elementos que al principio considerábamos importantes mostrar, ésto con el propósito de disminuir la duración del video y no confundir al espectador.

Martín Bonfil se pregunta: *"¿hasta dónde tiene el divulgador derecho a transformar el mensaje, a usar su creatividad para convertirlo en algo distinto, no sólo comprensible sino atractivo para el lector, sin por ello traicionar el rigor científico de la versión original?".*[9]

Esta fue una interrogante que constantemente apareció durante la realización del guión y que no pudimos responder de manera convincente.

Las decisiones que tomé para hablar de los conceptos físicos; se basaron en criterios subjetivos relacionados con mi formación personal. La pregunta la

[8] Rueda, A. 2007. La síntesis como herramienta en el periodismo de ciencia: un análisis comparativo con su uso en la literatura infantil. México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM. Pág. 52.
[9] Bonfil, M. 2003. "La tensión esencial". En: No divulgarás, *El Muégano Divulgador*, núm. 23. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México.

sustituí con otra: ¿Cómo hubiera preferido que los conceptos que entendí después de estudiar física, me los hubieran explicado los profesores en la preparatoria?.

Los conceptos físicos que abordé en el documental fueron pocos para evitar la saturación de información, explicados de forma sencilla pensando en que el producto está dirigido a un público no especializado, pero a pesar de la simplificación de los conceptos, siempre busqué que la información fuera veraz, clara para el público y con carácter profesional, similar al de los artículos científicos.

Para que un mensaje sea percibido correctamente y no sólo recibido, la información que contenga debe ser suficiente para entender el tema. Muchos trabajos de divulgación científica pretenden cubrir temas completos con mucha información en un solo artículo o programa. Al haber demasiada información, el receptor pierde el interés por la comunicación.[10]

Para elaborar las entrevistas que aparecen en el documental, recurrí a estudiantes de física de la Facultad de Ciencias de la UNAM y del posgrado en astronomía del Instituto de Astronomía de la UNAM, quienes aceptaron participar en el proyecto a través de una invitación personal. A las personas entrevistadas se les mencionó previamente las preguntas que se realizarían durante la entrevista y los objetivos generales del proyecto.

Pensando en el medio que utilizaré para la distribución de nuestro video documental, decidí recurrir a la técnica de videoblog[11] como lenguaje para concebir la imagen visual y elaborar el texto del guión. La utilización del videoblog propone una nueva manera de comunicarse, dónde cada uno es creador, observador y modificador de su mensaje. Ya que sólo se necesita, en la teoría, una computadora, una cámara que permita grabar video y acceso a internet. Por esta razón para el video documental escribí un guión con estructura para videoblog y así tratar mostrar la importancia del uso de técnicas actuales para la comunicación de la ciencia.

---

[10] Trigueros, M. (2002) "Un análisis del proceso de comunicación" en Antología de la divulgación de la ciencia en México. Pág. 334.

[11] El videoblog, conocido también como el nombre abreviado de vlog, es una bitácora cuyas entradas o post a menudo combinan el video como componente principal, utilizando, además como apoyo, el texto, imágenes y otros elementos. Consultado en: http://tallermultimedia.blogspot.mx/2007/10/qu-es-un-videoblog.html

El texto final fue supervisado por la Dra. Bárbara Pichardo Silva. Una vez aprobado el contenido científico, procedimos a grabar conforme a la secuencia del guión.

Material para la producción del documental

El formato que utilizamos para grabar el documental, tiene la ventaja de la reducción de costos de producción y la facilidad para adaptar el itinerario de producción a las comodidades de la gente involucrada durante la grabación.
Material utilizado:

- Cámara Canon EOS Rebel T3i (Full HD).
- Cámara Canon Vixia HF G20 (HD).
- Tripié para cámara de video.
- Memoria SD Clase 10 de 32 GB.
- Disco duro portátil para almacenamiento de datos, 1Tb.
- Micrófono inalámbrico.
- Lámpara 160 Led .
- Computadora portátil.

Locaciones de filmación:

- Espacios públicos en la Facultad de Ciencias de la UNAM.
- Cubículos de estudiantes dentro del Instituto de Astronomía de la UNAM.
- Recámara en el interior de un domicilio particular.

Las entrevistas a estudiantes fueron las primeras grabaciones y cada una fue realizada en un lapso de 30 minutos. Los estudiantes participaron de manera voluntaria a través de una convocatoria que difundimos por correo electrónico.

Posteriormente utilicé el guión del video documental, para realizar las grabaciones donde aparece el personaje principal, que a la vez funciona como narrador y le da orden a los sucesos.

Las animaciones e imágenes que acompañan las explicaciones de la temática principal, fueron la última parte durante la producción, para realizarlas aprendimos a usar el software de diseño, ya que debido a la escasez de recursos no se podía contratar a un diseñador profesional; esto permitió que las animaciones fueran sencillas pero con el concepto científico preciso.

Guión

Espiral

FADE IN

Imágenes con audio relacionadas con la astronomía; sobrepuestas a modo de causar en el espectador la sensación de confusión y al mismo tiempo atracción.

La escena termina con un zoom out donde se alcanza apreciar la ventana de una habitación y la silueta del personaje que comienza a prepararse para aparecer.

FADE OUT

CORTE

FADE IN

INTERIOR. DÍA. PARED CON FOTOGRAFÍAS. MÚSICA DE FONDO

Hola. Están viendo ESPIRAL.

Esta ocasión hablaremos de algo distinto, y como ustedes lo han pedido, hablaremos de mi, sí de mí, ustedes saben que me dedico a la fotografía y al cine, pero hace poco empecé hacer cosas distintas de las que hasta ahora nunca les he hablado. Por lo que este video no hablaré de técnicas fotográficas ni de películas, así que si no te interesa saber de mi vida, este es un buen momento para que te vayas a ver otro video.

CORTE

INTRO ANIMADO CON MÚSICA DE FONDO

FADE IN

ANIMACIÓN CON VOZ EN OFF

Para los que se quedaron, les comenzaré contando un recuerdo de la infancia. Cuando iba en la primaria nos llevaron a acampar a un bosque, no recuerdo dónde, pero era un bosque. En la noche un maestro sacó una cámara fotográfica, la colocó apuntando al cielo y apretó el botón.

Según yo ese fue uno de los momentos que cambió mi vida, ya que La fotografía que obtuvo me asombró bastante. No esperaba ver una imagen distinta a lo que mis ojos eran capaces de

ver. Para mi entendimiento del mundo a los 10 años, la foto era como una nube de colores rojos y amarillos, con muchas estrellas que iluminaban la imagen como si fuera de día.

Ahora que soy fotógrafo entiendo la técnica para controlar la luz y sus efectos, pero lo que me seguía obsesionando desde niño era saber: ¿qué es?

¿qué es esta cosa que aparece en el cielo?

Lo primero que se me ocurrió fue guglear: nube luminosa cielo. Y encontré la imagen.

Así supe que el nombre de esa cosa es Vía Láctea, que en griego significa: camino de leche.

Lo segundo fue wikipediarla, así supe que no es una nube sino una galaxia con forma espiral en la que se encuentra el Sistema Solar.

Lo que me pareció interesante es el hecho de que las luces de la ciudad nos impide ver las estrellas, por lo que en el pasado era mucho más fácil ver el cielo, así fue como muchas culturas tuvieron su cosmovisión, sus propias formas de explicar lo que es la vía láctea.

Seguí investigando y descubrí que en México hay personas en universidades que investigan sobre la vía láctea. Al conservar la misma inquietud que cuando era niño, algo dentro de mí sintió la necesidad de conocer más, entonces decidí ir al Instituto de Astronomía de la UNAM.

Y así fue como empezó mi historia con la física, los astrónomos, las espirales, y la Vía Láctea.

CORTE

FADE IN

ENTREVISTA CON ESTUDIANTES DE LICENCIATURA EN FÍSICA

CORTE

FADE IN

IMÁGENES. MÚSICA DE FONDO. VOZ EN OFF

Muchos años después, frente a la inmensidad del universo, el ser humano había de recordar cuando vio por primera vez el cielo. El mundo era tan reciente, que muchas cosas carecían de nombre, y para mencionarlas había que señalarlas con el dedo.
Así fue como el humano comenzó a observar detalladamente, a experimentar, a predecir.
A través de generaciones se descubrió una relación entre los fenómenos del cielo y los fenómenos de alrededor.
La posición y los ciclos de los astros se relacionan con los ciclos del frio, del calor, de las plantas, de los animales, de las lluvias... Mirar el cielo era una necesidad, los astros le regalaron al ser humano la noción de Tiempo.

Ser un buen observador nos puede ayudar a predecir y la física es una de las creaciones humanas más exitosas para predecir cómo se comportará la naturaleza y nos da una forma de interpretar aquello que llamamos realidad.

Es por eso que entender las leyes físicas y las matemáticas que las describen, es fundamental para estudiar las estrellas y hacer investigación astronómica, ya que la física que utilizamos para describir el movimiento de un objeto en la tierra, es la misma física que podemos utilizar para describir cualquier objeto en el universo.

En México hay gente que estudia física, algunos estudian aquí, en la facultad de Ciencias de la UNAM.

IMAGENES

FADE OUT

ENTREVISTAS A ESTUDIANTES DE LA LICENCIATURA EN FÍSICA

CORTE

FADE IN

INTERIOR. DÍA. MÚSICA DE FONDO

Cuando llegué al Instituto de Astronomía conocí a un equipo de jóvenes investigadores que trabajaban en un proyecto cuyo interés es construir modelos físicos que describan cómo se mueven las estrellas en la Vía Láctea.

Lo que me sorprendió fue cuando me explicaron que desde nuestra perspectiva en la tierra, vemos a La Vía Láctea como esa franja que cruza el cielo, pero resulta que solo vemos parte de una gran estructura que contiene millones de estrellas como el sol y que además tiene forma de espiral.

Son tan grandes las distancias en el universo, que es imposible salir a tomar fotos de la Vía Láctea. ¿Entonces cómo saben los astrónomos que la Vía Láctea tiene forma espiral?

Los primeros estudios de la Vía Láctea se hacen desde lugares como este.

IMAGENES

Con telescopios los astrónomos observan muy lejos, observan mas allá de la vía láctea, tan lejos que ahora cada puntito que se ve no se trata de una estrella, sino de objetos llamados galaxias, que son como la Vía Láctea (cada galaxia contiene miles de millones de estrellas).

Así fue como observaron que hay distintos tipos de galaxias, y las galaxias que más abundan, son las que tienen brazos con forma espiral.

Después, observaron el movimiento y posición de las estrellas que están cercanas a nosotros, estrellas que están dentro de nuestra galaxia.

Y con ayuda de computadoras, matemáticas y leyes físicas, descubrieron que el modelo de galaxia que describe mejor lo que observamos en la Vía Láctea es el modelo de una galaxia con forma espiral.

IMÁGENES

FADE OUT

CORTE

FADE IN

INTERIOR. DÍA. SILLÓN. MÚSICA DE FONDO

Los astrónomos son personas distintas a lo que imaginaba. Como vieron que mostré interés en entender temas de astronomía, me propusieron volver cada quince días para aclarar dudas que me vayan surgiendo. Así fue como mi primer tarea fue leer esto... artículos científicos. Parecía una trampa para deshacerse de mí. Al principio me pareció complicado la lectura, ya que no tenía la preparación en física ni en astronomía para entenderlos completamente.

Bueno... Pero tenía que demostrar a esas personas y a mí mismo, que soy capaz de entender. cualquier cosa.

Tuve que recurrir a otros libros que me recomendaron para entender conceptos como por ejemplo: dinámica, velocidad angular, fuerza, qué son los parsecs, qué es un modelo físico, qué es axisimétrico, distribución de densidad, materia oscura, o Potencial Gravitacional; que es uno de los conceptos físicos más importantes para estudiar cómo evolucionan las galaxias.

ANIMACIÓN

Ya que las galaxias están hechas de estrellas, estas estrellas interaccionan con las enormes estructuras de la galaxia y estas estructuras a su vez también están compuestas de estrellas y gas.

El potencial gravitacional es un concepto que a los astrofísicos les da información de cómo es esta interacción y así poder conocer cómo evoluciona el sistema; en este caso, el potencial gravitacional nos permite conocer cómo cambian de posición las estrellas al transcurrir el tiempo.

Después de ir entendiendo más conceptos físicos, leer estos artículos se hacía menos complicado. Como mi objetivo era regresar al instituto y demostrarles que en verdad aprendí, al final puse más interés en un trabajo publicado por estos investigadores que conocí.

Este artículo se llama....

SONIDO TELEFONO

Hola ¿cómo estás?, bien, aquí ando grabando, justo ayer me estaba acordando de ti, de hecho te iba hablar para ver si nos vemos

CORTE

FADE IN

ENTREVISTA CON ESTUDIANTES DEL POSGRADO EN ASTRONOMÍA: ¿Para qué leer artículos científicos?

FADE OUT

ANIMACIÓN

Las galaxias espirales son sistemas dinámicos de gran complejidad y para modelarlas podemos simplificar su estructura como la composición de cuatro estructuras principales: bulbo, disco, brazos, halo.

La región central donde se encuentran concentradas la mayor parte de estrellas, se llama bulbo.

El bulbo se encuentra en el centro de un disco delgado compuesto de gas, y estrellas viejas.

En este disco podemos observar una estructura más compleja, similar a unos brazos con forma espiral.

Todo esto inmerso en un halo supermasivo de materia oscura, es decir, materia que no podemos observar pero podemos medir su interacción gravitacional con las estrellas.

Bulbo, Disco, Brazos y Halo.

Es así como se reduce el problema de entender y estudiar la dinámica de un objeto tan complejo como la galaxia, ya que para los astrofísicos solo es necesario conocer el potencial generado por cada uno de estos cuatro componentes, para poder predecir cómo se moverán las estrellas en la galaxia.

El problema ahora es utilizar física y matemáticas para conocer cómo son y de qué dependen estos valores.

FADE IN

INTERIOR. DÍA. SILLÓN. MÚSICA DE FONDO

El artículo se llama: Modelo tridimensional para el potencial en brazos espirales.

El objetivo de los astrónomos que conocí (los creadores de este trabajo), es saber cómo evolucionan las galaxias, es decir, cómo se modifica la posición de las estrellas cuando interactúan con las diferentes estructuras que componen las galaxias espirales, y en este caso en particular: de la Vía Láctea.

Una de tantas cosas de las que me di cuenta, es que: en la investigación científica es importante la colaboración entre científicos, no solo de la misma universidad, sino también la colaboración con científicos de otros países. El trabajo que otros ya hicieron, te puede ahorrar bastante tiempo y recursos.

La mayoría de los científicos con los que hablé, concuerdan con el hecho de que la ciencia avanza resolviendo preguntas simples y por cada respuesta que se obtiene, surgen cinco preguntas más. Cada artículo que se publica, es un grano de arena que construye un mejor entendimiento de la realidad física.

Es por eso que me gustó este artículo, porque representa un granito de arena para entender mejor a la Vía Láctea y es un modelo que se ajusta con mucha precisión con lo que se sabe en la actualidad de nuestra galaxia.

Otros científicos desarrollaron modelos físicos que describen cómo es el potencial gravitacional generado por el bulbo. Para saber cómo es la interacción con las estrellas debido a la masa concentrada en el centro de la galaxia.

Otros científicos trabajaron para saber cómo es la interacción con el disco, y otros trabajaron para conocer como el halo de materia oscura interacciona con las estrellas en la galaxia.

Y este trabajo, trata de un modelo físico para conocer cómo interaccionan las estrellas con los brazos espirales de la galaxia.

Es decir, este modelo nos permite conocer esto que los físicos llaman potencial gravitacional en todas direcciones; y con esto, sin importar donde este la estrella, podemos conocer como interacciona con los brazos espirales.

Para conocer cómo es el potencial de los brazos, estos astrónomos tuvieron que utilizar física, matemáticas y mucha imaginación, ya que los brazos espirales de la galaxia son estructuras muy complicadas debido a su geometría y a la forma en la que su masa se distribuye.

ANIMACIÓN

Los astrónomos que hicieron este artículo propusieron un modelo donde los brazos están hechos de esferoides con distinta masa, que se colocan como collar sobre una línea espiral. Con este modelo y utilizando algunas leyes de la física, basta conocer como es el potencial de cada esferoide por separado, y después sumarlos para obtener el potencial de todo el brazo.

Por fortuna un científico en otra parte del mundo ya había calculado como es el potencial producido por un esferoide. Pero en este modelo se necesita hacer modificaciones para obtener una distribución de masa similar a la que se observa en los brazos de la galaxia.
Después de construir física y matemáticamente los esferoides que generarán el potencial, el siguiente paso es construir matemáticamente el lugar geométrico de una espiral que se aproxime a la forma que se observa en nuestra galaxia, para así poder conocer la distancia a la que colocaremos los esferoides.

ANIMACIÓN

Con esto tenemos lo básico para conocer el potencial producido por los brazos.

Cuando pongo una estrella en cualquier parte de la galaxia, con este modelo hecho de esferoides puedo conocer la distancia, y la masa de todos los esferoides que interacciona con la estrella, Para un astrofísico esto se aproxima a conocer la interacción gravitacional entre la estrella y toda la estructura del brazo

ANIMACIÓN

Me dijeron que hasta aquí había comprendido la parte que corresponde a la física y a las matemáticas. Pero ahora tenemos que echar andar este modelo para ver si funciona, y para esto necesitamos resolver estas ecuaciones millones de veces y para miles de estrellas.

Lo bueno es que existen computadoras que podemos programar para que resuelvan por nosotros todas estas operaciones.

Lo malo es que no sé cómo se hace.

CORTE
FADE IN

ENTREVISTA CON ESTUDIANTES DEL POSGRADO EN ASTRONOMÍA

FADE OUT

INTERIOR. DÍA. OFICINA. MÚSICA DE FONDO

Con estas ecuaciones podemos saber cómo se moverá cualquier estrella que pongamos a interactuar con la galaxia.

Como mencioné antes necesitaremos la ayuda de una computadora para hacer las operaciones matemáticas del modelo, y para esto debemos escribir las ecuaciones en un código que la computadora pueda entender.

Y el código para que la computadora pueda entender nuestro modelo es algo así.

ANIMACIÓN

Después de que obtuvimos las expresiones matemáticas para conocer los potenciales de la galaxia, ahora tenemos que escribir esta información en lenguaje de programación.

ANIMACIÓN

En el fondo, lo que un astrónomo teórico hace con un código, es introducir datos para experimentar de forma virtual con un sistema físico que no puede tener de cerca en un laboratorio. En este caso experimentaremos con el sistema físico que construimos obteniendo los potenciales gravitacionales, un sistema físico parecido a una galaxia con brazos en espiral.

La evolución de una galaxia es un proceso que tarda millones de años, para un humano sería imposible observar de manera directa un cambio significativo en la estructura y composición de una galaxia.

Este código construye las condiciones similares de la Vía Láctea y simula la interacción con las estrellas durante miles de años. Aprender el lenguaje de programación es fundamental para entendernos con la computadora, ya que tenemos que encontrar la forma de escribir en código computacional los elementos importantes de nuestro modelo físico.

ANIMACIÓN

Por ejemplo: Esta parte del código representa las condiciones iniciales de la galaxia, los parámetros que podemos modificar.

> Ángulo de enrollamiento.
> Número de brazos.
> Masa total
> Velocidad angular.
> Límite interno y externo.
> Lugar geométrico.

Cuando establecemos estos parametros, lo podemos ver como si construyéramos la galaxia con la que experimentaremos.

Ahora la parte importante es poner las estrellas para ver qué les pasa y cómo se mueven.

ANIMACIÓN

Esta lista de 6 columnas, representa las condiciones iniciales de las estrellas con las que experimentaremos (las que pondremos a interactuar con el potencial gravitacional de la galaxia).

Cada fila es una estrella, las primeras tres columnas representan la posición inicial en el eje x, en y, y en z, estos números son las coordenadas que le dicen a la computadora donde está cada estrella.

ANIMACIÓN

Pero estas estrellas se están moviendo, por lo que las otras tres columnas representan la velocidad inicial con la que se mueve cada estrella, la velocidad en x, la velocidad en y, y la velocidad en z.

El código utiliza esta información, y le aplica a todas las estrellas las operaciones matemáticas de nuestro modelo.

Al final la computadora nos devolverá otra lista con números; esta nueva lista representa la posición y la velocidad de las estrellas después de interactuar con el potencial.

De esta forma los datos de cada estrella que colocamos interactúa con las ecuaciones que obtuvimos del potencial gravitacional, los astrofísicos interpretan esto como la simulación de un proceso que tarda millones de años, que gracias a la rapidez con la que una computadora trabaja, en pocas horas obtenemos datos que nos dicen cómo puede evolucionar la galaxia.

Lo que a la naturaleza le tomaría miles de millones de años, la computadora lo puede simular en unas cuantas horas.

FADE IN

ENTREVISTA CON ESTUDIANTES DEL POSGRADO EN ASTRONOMÍA

FADE OUT

Estamos en la parte crucial del trabajo, ya está toda la información y estamos a punto de echar andar el código para que la computadora haga los cálculos. Por ahora pondremos 1000 estrellas solo para probar.

Le tengo que dar instrucciones a la computadora para que lea el código con nuestras condiciones iniciales.

Listo... la computadora está trabajando.

Este número, no sé cómo, pero nos indica que todo va bien y que las leyes de la física se conservan en nuestro modelo.

Ahora solo falta lo más difícil: Esperar.

La computadora tardará varias horas trabajando y al final obtendremos datos que los astrónomos graficarán, interpretarán, discutirán, sacarán conclusiones y las mostrarán al mundo a través de un artículo. Y así tendremos más conocimiento acerca de las galaxias y su realidad física.

FADE OUT

INTERIOR. DÍA. OFICINA. MÚSICA DE FONDO

FINAL

Recuerdo que solo quería saber qué era la Vía Láctea.

Sin querer descubrí que la astrofísica es algo que me gusta y me emociona saber los resultados que obtendremos, ahora tengo preguntas existenciales y vocacionales.

Hay quienes dicen que nunca es tarde para volver a comenzar. No estoy diciendo que ahora voy a dejar todo para estudiar física y ser astrofísico. Pero...

Es bueno saber que hay otras cosas en las que también podemos llegar a ser buenos.

Esto de la ciencia nunca me pasó por la mente, y como muchas cosas, es muy distinto a lo que imaginaba, conocí personas que creen que hacer ciencia es más parecido a un juego que a una profesión. Y hay quienes también la ciencia les resultó de lo más frustrante.

En fin, no voy hablar de lo que casi no sé.

Mejor ustedes escríbanme su opinión acerca de este video y también comenten qué película con temática científica les gustaría que hablemos para la siguiente ocasión.

Me despido, nos vemos en el siguiente video.

Y recuerden que las mejor cosas de la vida tienen forma de espiral. Adiooos.

FADE OUT

CRÉDITOS

Edición

El equipo que utilizamos para la edición fue:

- PC de escritorio con procesador AMD de 8 núcleos a 3.12 GHz.
- Memoria RAM: 16 GB.
- Tarjeta de video Nvidia Quadro 2gb.
- Disco duro externo 2Tb.
- Software de diseño.

Tener un guión escrito me facilitó el proceso de edición, ya que sabía dónde colocar cada escena que se filmaba, así como cada animación que realicé.

Al terminar el proceso de producción obtuve 5.3 horas de grabación, de las cuales 3 pertenecen a la grabación de las entrevistas. Hice una selección detallada de la información adquirida por los entrevistados.

Las preguntas fueron las mismas en todos los casos y estaban dirigidas para poder adaptarlas con la información y la estructura del guión; esto me facilitó la selección del material útil durante la edición de las entrevistas.

Para la edición consideré añadir imágenes, sonidos y colores variados, para dar ritmo al flujo de la información. De esta forma traté de contrarrestar la monotonía que puede producir la narración de un solo tema durante el documental.

Descargué imágenes (libres y sin derechos de autor) de internet para complementar la parte visual de la información no contemplada en el guión escrito.

Después de considerar varios filtros para depurar la cantidad de información, al final decidí reducir el video a una duración no mayor de 35 minutos, considerando nuestros objetivos principales para tomar decisiones durante el proceso de edición.

La elaboración del producto audiovisual en su totalidad tomó alrededor de 16 meses, comenzando en octubre del 2013, hasta la última edición en enero del 2015.

Discusión y conclusión

Este video presentó varios retos y aprendizajes que fueron apareciendo durante las distintas etapas de la realización.

Como estudiante de la carrera de física en la Facultad de Ciencias y del Instituto de Astronomía de la UNAM, cada decisión que tomé en la preproducción y posproducción, estuvo influenciada por la experiencia que adquirí dentro y fuera del salón de clases; esto hace que el producto tenga (hasta cierto punto) validez para el público meta de nuestro objetivo principal, pero también el video posee elementos subjetivos que no fueron analizados en el reporte y que dejan abierto un futuro análisis del contenido.

La convivencia directa con científicos, con estudiantes y con la parte técnica de la investigación científica, es otro argumento que considero fuerte del producto de divulgación; ya que durante la realización me involucré en procesos similares a los de un estudiante cuyo objetivo es publicar los resultados de una investigación: lectura de artículos científicos, reuniones de discusión con otros estudiantes, aprendizaje de programación y la obtención de datos a través del código computacional. Los conceptos científicos descritos en el guión y la precisión de las animaciones que realizamos, fue revisado en todo momento por especialistas en el tema.

Las ecuaciones, representaciones matemáticas y datos computacionales que presento en el video, corresponden a información real de una investigación científica reciente y parte de esta información obtenida, fue utilizada para la publicación de un artículo científico (ver Anexo).

Considero que el objetivo principal del proyecto se cumplió, ya que sintetizamos y abordamos de manera breve y precisa, los elementos que componen la esencia del modelo físico de nuestro tema principal. De igual manera este proyecto deja abierto el problema de "la medición del impacto y del alcance", así como la evaluación del contenido para saber hasta qué punto se logró el segundo objetivo propuesto (llegar a nuestro público meta).

El criterio con el que seleccioné los conceptos importantes (conceptos de estructura), es un elemento subjetivo que requiere otro tipo de análisis.

Durante la elaboración me di cuenta que este producto de divulgación de la ciencia, si bien no pretende reclutar vocaciones científicas, muestra una visión

muy particular de un estudiante de física y del trabajo de un astrofísico teórico, para presentar parte de los procesos o métodos de la ciencia actual.

No sólo busqué transmitir una imagen de la "realidad", sino también transmitir un modo de pensar, a un público que por su actividad, por su entorno ó por su vocación, no le es accesible esta visión.

Por último mencionaré que como universitarios nos corresponde asumir plenamente el compromiso que tenemos con la sociedad, de conservar, generar y transmitir el conocimiento científico, técnico, humanístico y artístico, mediante la docencia, la investigación y la difusión de la cultura.

Considero que este proyecto pretende y cumple una de las funciones sustantivas de la universidad (divulgar la cultura científica) y muestra un camino que debe reforzarse para que estudiantes e investigadores mantengan la visión de comunicar y difundir el trabajo que se genera en las instituciones universitarias, así como la importancia de la búsqueda interdisciplinaria para crear productos audiovisuales y llevar a cabo esta labor.

ANEXO

Modelos para galaxias espirales normales.

El potencial de los brazos espirales se superpone en un potencial de fondo axisimétrico, formado por un potencial de disco Miyamoto & Nagai (1975) y un potencial de bulbo y un halo masivo (Allen & Santillán (1991)). Los parámetros utilizados para modelar galaxias espirales normales (Sa, Sb y Sc) se presentan en la Tabla 1. (compilados por Pérez-Villegas et al. (2013)).

Parameter		Value			Reference
		Sa	Sb	Sc	
Axisymmetric Components					
M_B / M_D		0.9	0.4	0.2	1,2
M_D / M_H [1]		0.07	0.09	0.1	2,3
Rot. Velocity ($km\,s^{-1}$)		320	250	170	4
M_D ($10^{10} M_\odot$)		12.8	12.14	5.10	3
M_B ($10^{10} M_\odot$)		11.6	4.45	1.02	M_B/M_D based
M_H ($10^{12} M_\odot$)		1.64	1.25	0.48	M_D/M_H based
Disk scale-length (kpc)		7	5	3	1,3
Constants of the Axisymmetric Components [2]					
Bulge:	M_B	5000	2094.82	440	
	b_1 [3]	2.5	1.7	1.0	
Disk:	M_D	5556.03	5232.75	2200	
	a_2 [3]	7.0	5.0	5.3178	
	b_2 [3]	1.5	1.0	0.25	
Halo:	M_H	15000	10000	2800	
	a_3 [3]	18.0	16.0	12.0	
Spiral Arms					
locus			Logarithmic		5,9,10
arms number			2		6
pitch angle (°)		8-40	9-45	10-60	4,7
M_{sp}/M_D			1-5%		9
scale-length (kpc)		7	5	3	disk based
Ω_{sp} (km s^{-1} kpc^{-1})		-30	-25	-20	5,8
ILR position (kpc)		3.0	2.29	2.03	
CR position (kpc)		10.6	11.14	8.63	
inner limit (kpc)		3.0	2.29	2.03	~ILR position based
outer limit (kpc)		10.6	11.14	8.63	~CR position based

Tabla 1. Parámetros de los modelos galácticos

Calentamiento del disco galáctico producido por la morfología de los brazos espirales.

Las galaxias espirales presentan una amplia variedad de tipos morfológicos, desde las galaxias en las que domina la presencia de un bulbo masivo, hasta galaxias con discos sin bulbo. Esto representa una amplia gama de valores para los parámetros del modelo que caracteriza a los diferentes tipos de galaxias.

La dependencia del efecto de los brazos espirales con la morfología es tal que, para una galaxia Sc el efecto es evidente en la distribución espacial de las partículas estelares del disco. La Figura 2. muestra la proyección en el plano x-z de la distribución estelar, graficada para tiempos: t = 0, t = 2.5 Gyr y t = 5 Gyr. El engrosamiento del disco es discernible durante la evolución orbital cuando se compara con la distribución inicial.

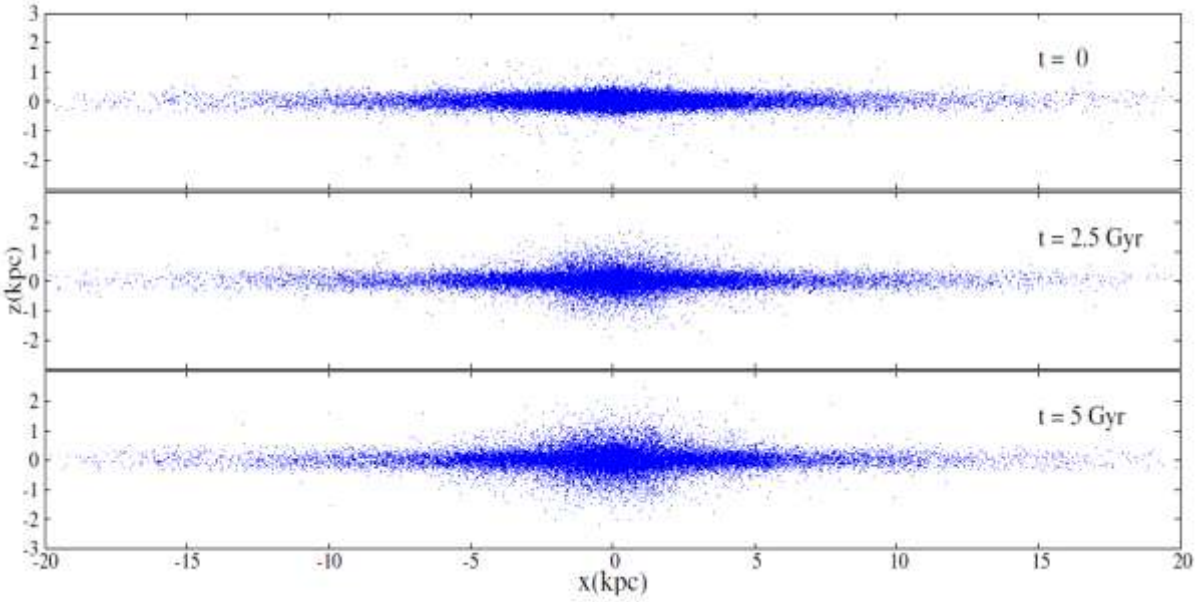

Fig. 2. Las gráficas muestran la evolución de las órbitas estelares en tres diferentes tiempos (0, 2,5 y 5 Gyr). El modelo corresponde a una galaxia Sc. El engrosamiento del disco es debido a la presencia de los brazos espirales.

Bibliografía.

1. Acevedo, A & López, A. (1986). *El proceso de la entrevista: conceptos y modelos*. México: Limusa.
2. Allen, C. & Santillan, A. (1991). *An improved model of the galactic mass distribution for orbit computations*. Revista Mexicana de Astronomía, 22, 225.
3. Berruecos, V. (2000). *Las dos caras de la ciencia: Representaciones sociales en el discurso*. Revista Iberoamericana de Discurso y Sociedad, 2, 105-130.
4. Binney, J. & Tremaine, S. (1994). *Galactic Dynamics*. U.S.A: Princeton University Press.
5. Bonfil, M. (2003). *La tensión esencial*. El Muégano Divulgador, 23, 12.
6. Crúz, J. (2002). *La ciencia del periodismo de Ciencia*. En Antología de la divulgación de la ciencia en México (375). México: UNAM
7. Danver, C., 1942, Ann. Obs. Lund.
8. Foyle, K, Rix H. -W, Walter F. & Leroy. A. K. (2010). *Arm and interarm star formation in spiral galaxies*. The Astrophysical Journal, 725, 534 - 541.
9. Grosbøl, P., Pompei, E., & Patsis, P. A., 2002, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 275, 305
10. Hubble, E. P., 1926, The Astrophysical Journal, 64,321
11. Jacobi, D. & Schiele, B.. (2009). *Breve análisis de algunos modelos de comunicación de la ciencia, la tecnología y la Innovación*. Scientia Et Technica, 15, 43.
12. Lublinski, J. (2011). *Cómo planificar y organizar su trabajo*. En Divulgar la ciencia: Curso de periodismo científico(pp.1-13). Medellín: Universidad de Antioquia.
13. Kennicutt, R., Jr., & Hodge, P., (1982). The Astrophysical Journal, 253, 101
14. Miyamoyo, M., & Nagai, R., 1975, Pub. Astr. Soc. Japan, 27, 533
15. Pichardo, B. (2003). *Estructura orbital y magneto hidrodinámica de un potencial galáctico con brazos espirales y barra*. Doctorado. IA-UNAM.
16. Pérez, M. (2013). *Estructura y dinámica de galaxias espirales normales: Orden y caos orbital estelar*. Doctorado. IA-UNAM.
17. Pichardo, B, Martos, M. & Moreno, E. (2004). *Application to Stellar Orbits in the Galactic Plane and Orbits of Some Globular Clusters*. The Astrophysical Journal, 609, 144 - 165.
18. Regil, L.(2004). *Difusión cultural universitaria: entre el ocaso y el porvenir*. México: UAM-X.

19. Reynoso, E., & Franco, J.. (2015). Universidades y comunicación pública de la ciencia: La experiencia de la DGDC-UNAM.. En Hacia dónde va la ciencia en México. Comunicación pública de la ciencia.(pp.22-31). México: UNAM.
20. Rueda, A. (2007). *La síntesis como herramienta en el periodismo de ciencia: un análisis comparativo con su uso en la literatura infantil.* Licenciatura. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM.
21. Sánchez, A. (2002). *La divulgación de la ciencia como literatura.* México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia.
22. Scott, C. (2011). *La entrevista*. En Divulgar la ciencia: Curso de periodismo científico(pp.30-46). Medellín: Universidad de Antioquia.
23. Speváková, S & Robinson, C. (2011). *Programas sobre ciencia para televisión*. En Divulgar la ciencia: Curso de periodismo científico(pp.140-158). Medellín: Universidad de Antioquia.
24. Trigueros, M. (2002) *Un análisis del proceso de comunicación*. En Antología de la divulgación de la ciencia en México (334). México: UNAM
25. Van Den Bergh, S.(1998) Galaxy Morphology and Classification. Cambridge: University Press.

Fuentes en Internet.

1. Burgos, E. (2013). La importancia de contar historias. junio, 5, 2015, de CECTI Sitio web: http://www.revistacecti.com/?p=486
2. Mosqueda, D. (2013). ¿Quieres ser astrónomo?. mayo, 19, 2016, de Saberes y Ciencias. Sitio web: http://saberesyciencias.com.mx/2013/10/06/iquieres-ser-astronomo
3. Sej, A. (2014). ¿Te interesa ser Astrónomo profesional? Cómo hacerse astrónomo y no desfallecer en el camino. mayo, 19, 2016, de El espacio. Sitio web: https://sites.google.com/site/elespaciowonderwa
4. Cabrera, E. (2007). ¿Qué es un videoblog?. mayo, 19, 2016, de Taller de periodismo multimedia. Sitio web: http://tallermultimedia.blogspot.mx/2007/10/qu-es-un-videoblog.html