

Proyecto Final

Detección del movimiento de las nubes a partir de imágenes satelitales

Diaz Uboe, Pablo

Elli, Federico

Pomar, Federico

Tutor: Álvarez Hamelin, José Ignacio

Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 2016

Introducción

Objetivos

- Detectar el movimiento *automática y eficazmente*
- Predecir la posición y el tamaño de nubes
 - Compararlo con la realidad
- Ofrecer una plataforma flexible y escalable

Objetivos

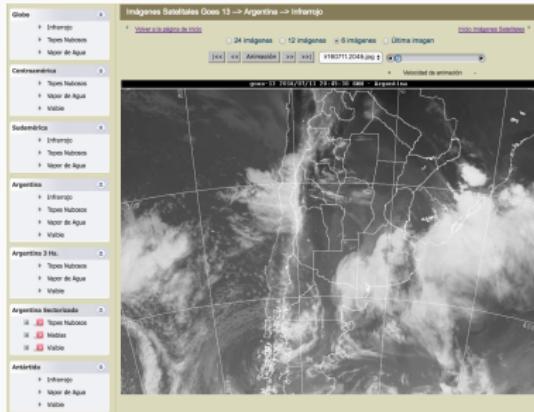
- Detectar el movimiento *automática y eficazmente*
- Predecir la posición y el tamaño de nubes
 - Compararlo con la realidad
- Ofrecer una plataforma flexible y escalable

Objetivos

- Detectar el movimiento *automática y eficazmente*
- Predecir la posición y el tamaño de nubes
 - Compararlo con la realidad
- Ofrecer una plataforma flexible y escalable

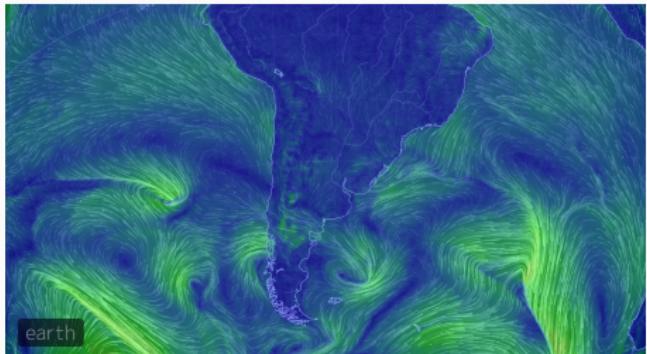
Plataformas similares

Servicio Meteorológico Nacional



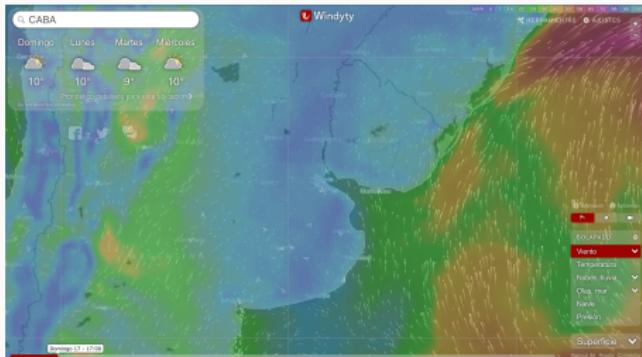
- Imágenes cada una hora
- Interfaz poco atractiva
- Limitado a 12 hs
- Permite ver animación
- No ofrece información sobre vientos

Nullschool Earth



- Acceso al estado de distintas variables climáticas
- Interfaz vistosa
- Distintas proyecciones disponibles
- Open source (github)

Windyty



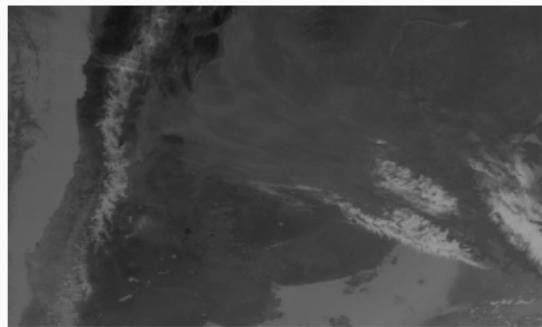
- Brinda pronóstico del clima
- Muestra datos históricos
- Indica la ubicación de los sensores
- Propietario

Fuente de datos

Imágenes satelitales

- Imágenes satelitales captadas por sensores infrarrojos
- Fuente: NASA/GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite)
- Distintos sensores/longitudes de onda
 - Infrarrojo
 - Visible

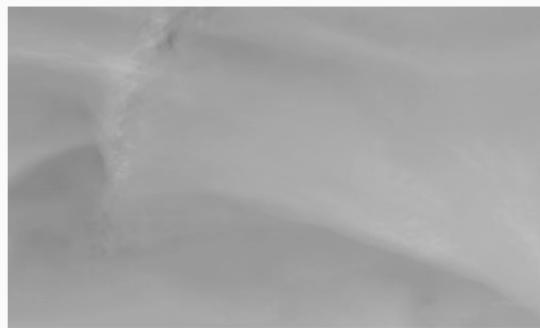
Canales infrarrojos



IR2:

- Longitud de onda corta
(cercana al visible)
- Reflexión de la radiación solar
- Variaciones globales en el nivel de intensidad

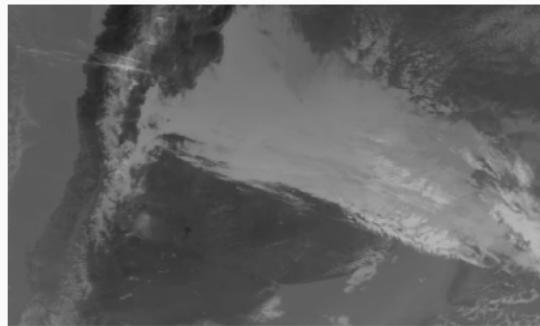
Canales infrarrojos



IR3:

- Longitud de onda media
- También llamada vapor de agua: capas intermedias y altas
- Se utiliza normalmente para medir el movimiento

Canales infrarrojos



IR4:

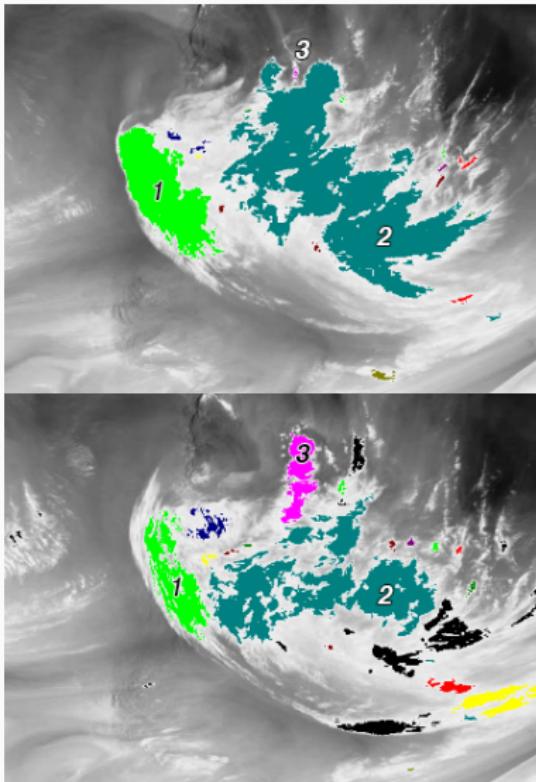
- Longitud de onda larga
- Similar a IR2

Primer enfoque

Clusterización

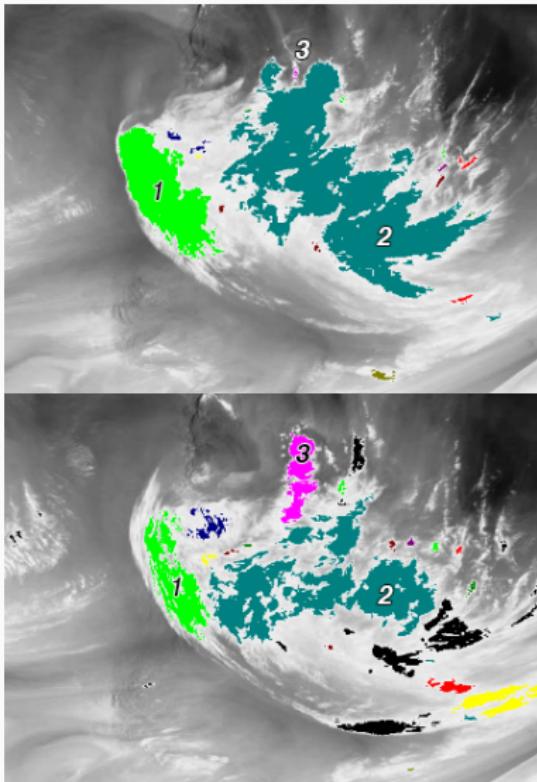
- Definir clusteres de nubes en dos imágenes consecutivas
- Correlacionarlos
- Estimar el movimiento
- Algoritmos de clusterización:
 - K-Means
 - MeanShift
 - **DBSCAN**

Prueba DBSCAN



- Pareo basado en tamaño y distancia relativa
 - Algoritmo simple con puntajes

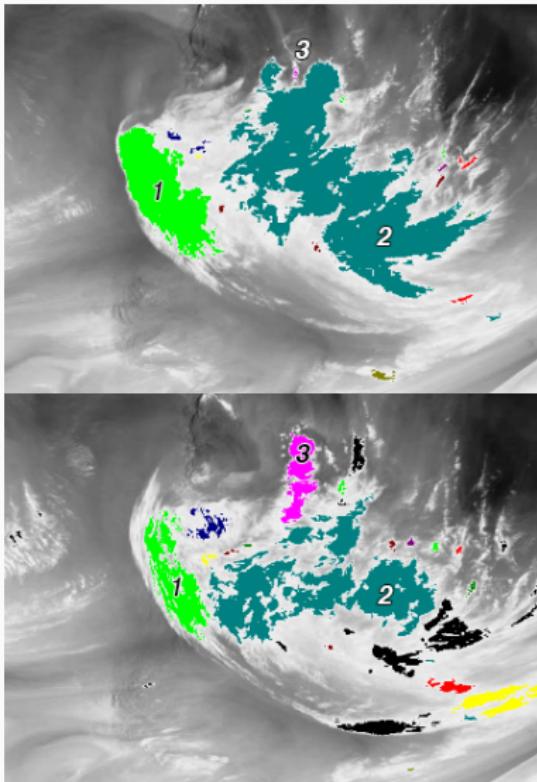
Prueba DBSCAN



- Problemas

- No hay correspondencia 1 a 1
- Dificultad para determinar movimientos
- Movimientos que no se corresponden con la realidad

Prueba DBSCAN



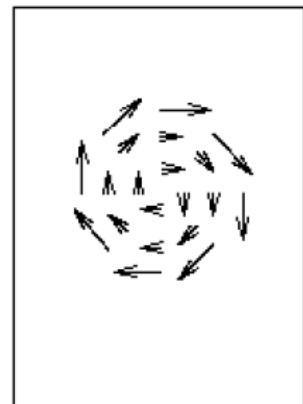
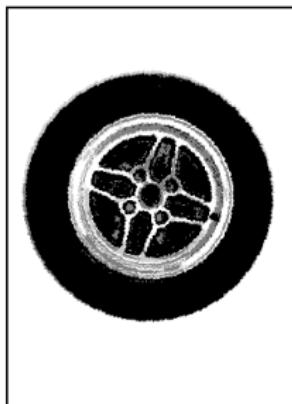
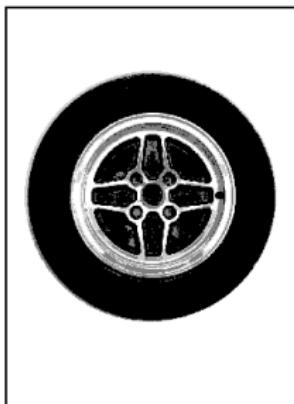
- Problemas

- No hay correspondencia 1 a 1
- Dificultad para determinar movimientos
- Movimientos que no se corresponden con la realidad

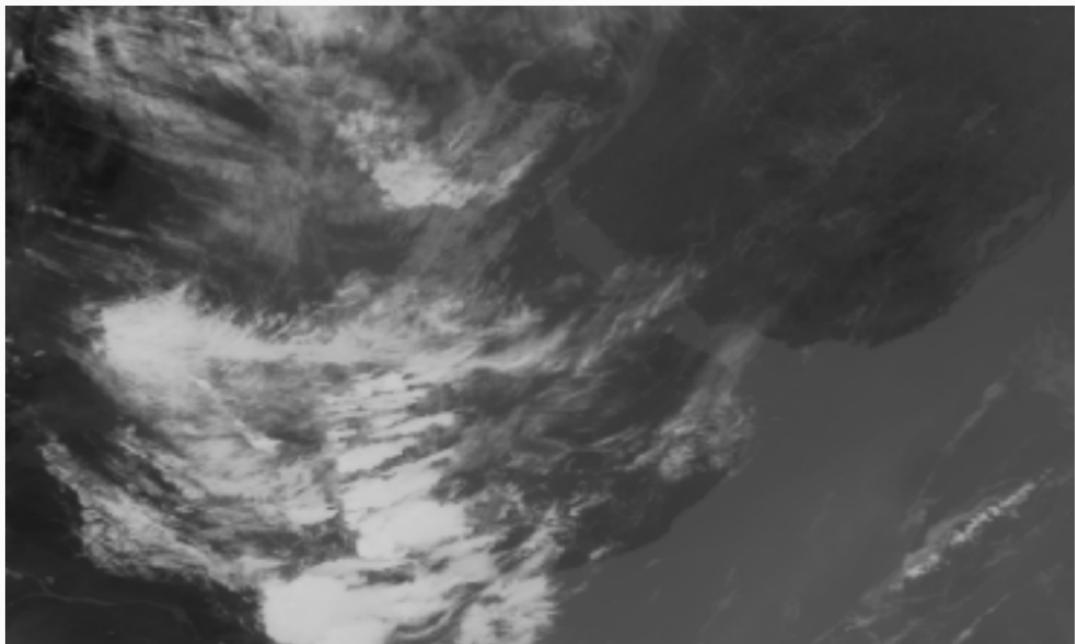
Flujo óptico

Flujo óptico

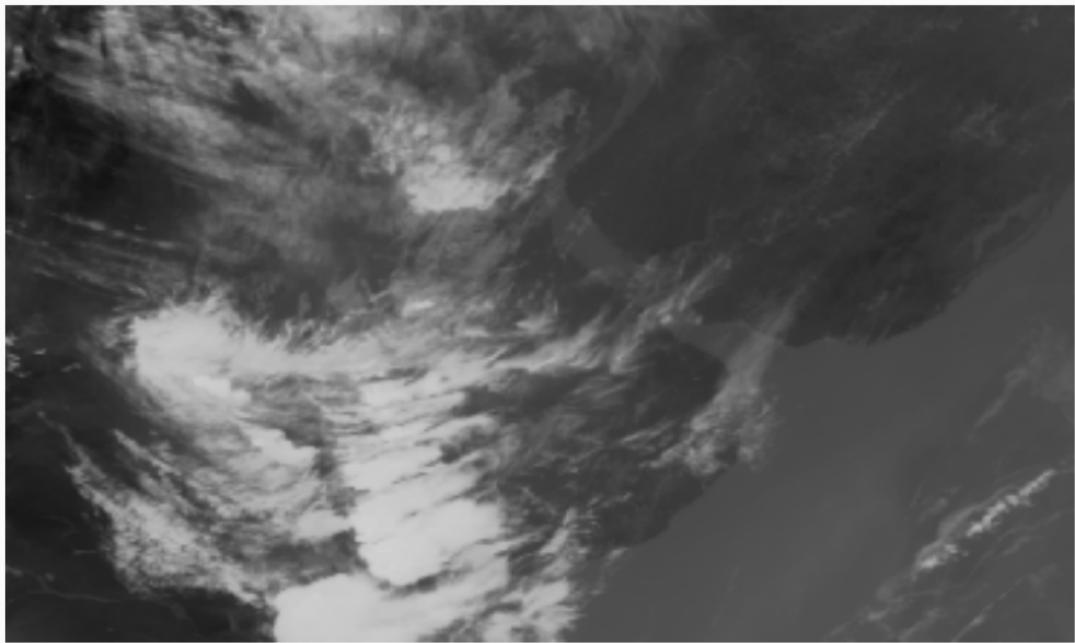
Movimiento aparente de patrones de brillo en una imagen



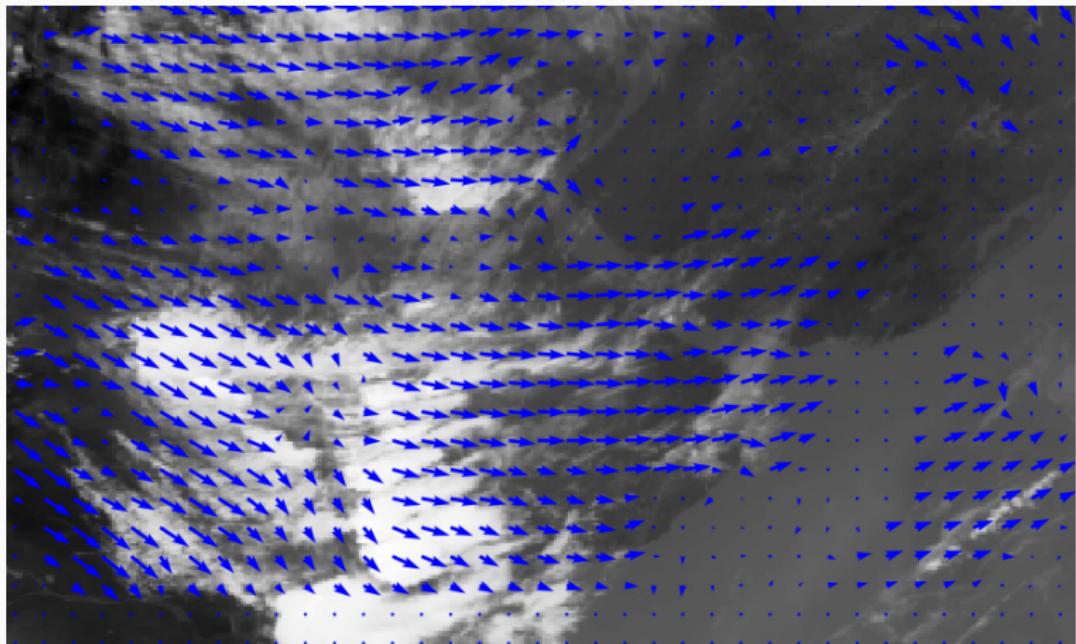
Flujo óptico (Ejemplo)



Flujo óptico (Ejemplo)



Flujo óptico (Ejemplo)



Algoritmos de flujo óptico

Ecuación del flujo óptico

Ecuación del *flujo óptico* o de la *constancia de brillo*:

$$I(x, y, t) \approx I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t)$$

- **Hipótesis:** la luminosidad es constante en el entorno de (x, y, t)
- Los patrones de luminosidad pueden moverse pero *no aparecer o desaparecer*.
- Esto es violado en algunas condiciones meteorológicas.

Algoritmos de flujo óptico

- Algoritmo de Lucas-Kanade
 - Solución a la ecuación del flujo óptico
 - Método numérico
 - No sirve según Brad y Letia: se requieren frecuencias altas de imágenes
- **Algoritmo de pareo de bloques (BMA)**
 - Inspirado en un trabajo de Bresky y Daniels

Algoritmo de pareo de bloques

Algoritmo de pareo de bloques

- BMA: *Block Matching Algorithm*
- Usado en algunos algoritmos de compresión de video.
- Básicamente: relacionar bloques de píxeles entre imágenes consecutivas

Algoritmo de pareo de bloques

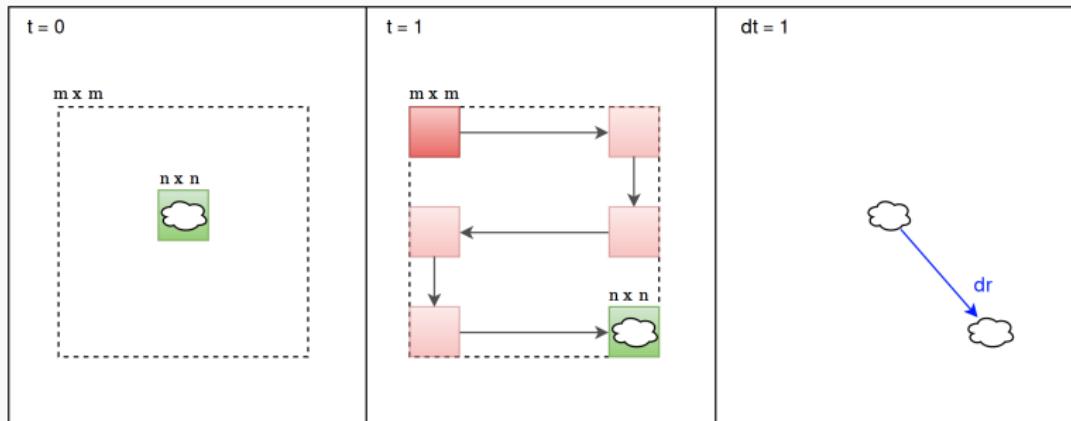
- BMA: *Block Matching Algorithm*
- Usado en algunos algoritmos de compresión de video.
- Básicamente: relacionar bloques de píxeles entre imágenes consecutivas

Algoritmo de pareo de bloques

- BMA: *Block Matching Algorithm*
- Usado en algunos algoritmos de compresión de video.
- Básicamente: relacionar bloques de píxeles entre imágenes consecutivas

Algoritmo de pareo de bloques

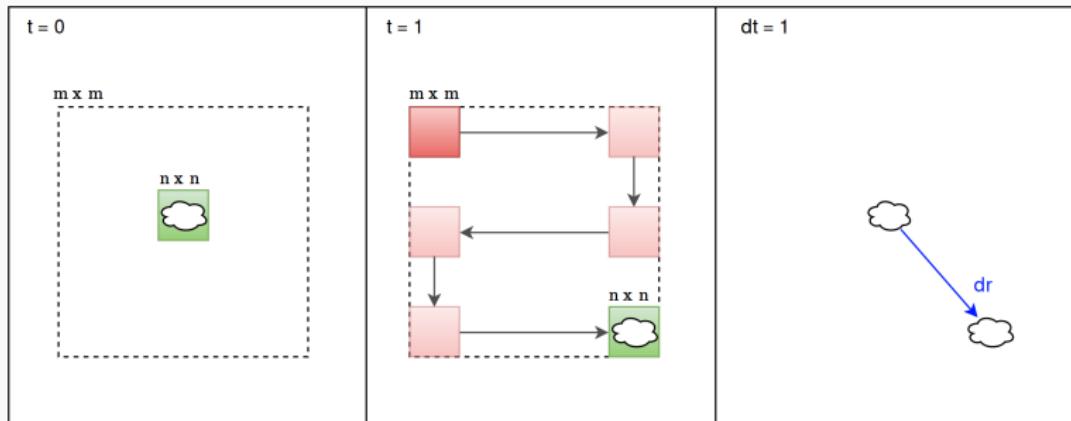
Para cada píxel de la imagen:



- Error cuadrático medio para cada bloque
- Tamaños de bloque y ventana optimizados empíricamente

Algoritmo de pareo de bloques

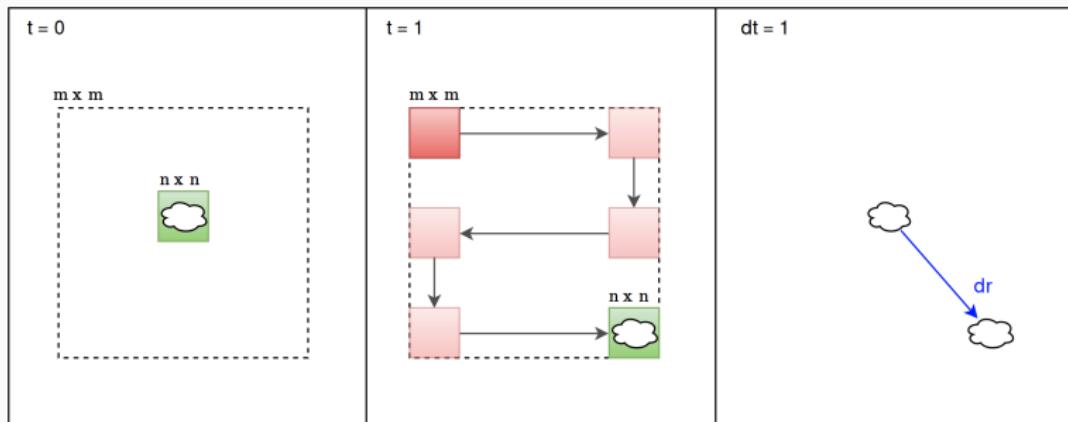
Para cada píxel de la imagen:



- Error cuadrático medio para cada bloque
- Tamaños de bloque y ventana optimizados empíricamente

Algoritmo de pareo de bloques

Para cada píxel de la imagen:



- Error cuadrático medio para cada bloque
- Tamaños de bloque y ventana optimizados empíricamente

Implementación: Algoritmos

Procedimiento

0. Obtención de imágenes
1. Mejoramiento a través de técnicas adicionales
2. Algoritmo de pareo de bloques
3. Trayectorias
4. Predicción

Procedimiento

0. Obtención de imágenes
1. Mejoramiento a través de técnicas adicionales
2. Algoritmo de pareo de bloques
3. Trayectorias
4. Predicción

Procedimiento

0. Obtención de imágenes
1. Mejoramiento a través de técnicas adicionales
2. Algoritmo de pareo de bloques
3. Trayectorias
4. Predicción

Procedimiento

0. Obtención de imágenes
1. Mejoramiento a través de técnicas adicionales
2. Algoritmo de pareo de bloques
3. Trayectorias
4. Predicción

Procedimiento

0. Obtención de imágenes
1. Mejoramiento a través de técnicas adicionales
2. Algoritmo de pareo de bloques
3. Trayectorias
4. Predicción

Técnicas adicionales

- Detección de bordes
- Remoción de fondo
- Combinación de resultados

Técnicas adicionales

- Detección de bordes
- Remoción de fondo
- Combinación de resultados

Técnicas adicionales

- Detección de bordes
- Remoción de fondo
- Combinación de resultados

Técnicas adicionales

- Detección de bordes
- Remoción de fondo
- Combinación de resultados

Cálculo de trayectorias

Se desea modelar el comportamiento de una partícula que sigue los mismos patrones de movimiento que las nubes, a lo largo de un **intervalo de tiempo**, en que se dispone una **secuencia de imágenes**.

Para esto:

- Se ubica la partícula en una posición inicial deseada, en la primera imagen
- Se calcula su desplazamiento hacia la siguiente
- Se repite el procedimiento hasta llegar a la última imagen
- Se dispone ahora de una secuencia de puntos que forman la trayectoria de la partícula.

Cálculo de trayectorias

Se desea modelar el comportamiento de una partícula que sigue los mismos patrones de movimiento que las nubes, a lo largo de un **intervalo de tiempo**, en que se dispone una **secuencia de imágenes**.

Para esto:

- Se ubica la partícula en una posición inicial deseada, en la primera imagen
- Se calcula su desplazamiento hacia la siguiente
- Se repite el procedimiento hasta llegar a la última imagen
- Se dispone ahora de una secuencia de puntos que forman la trayectoria de la partícula.

Cálculo de trayectorias

Se desea modelar el comportamiento de una partícula que sigue los mismos patrones de movimiento que las nubes, a lo largo de un **intervalo de tiempo**, en que se dispone una **secuencia de imágenes**.

Para esto:

- Se ubica la partícula en una posición inicial deseada, en la primera imagen
- Se calcula su desplazamiento hacia la siguiente
- Se repite el procedimiento hasta llegar a la última imagen
- Se dispone ahora de una secuencia de puntos que forman la trayectoria de la partícula.

Cálculo de trayectorias

Se desea modelar el comportamiento de una partícula que sigue los mismos patrones de movimiento que las nubes, a lo largo de un **intervalo de tiempo**, en que se dispone una **secuencia de imágenes**.

Para esto:

- Se ubica la partícula en una posición inicial deseada, en la primera imagen
- Se calcula su desplazamiento hacia la siguiente
- Se repite el procedimiento hasta llegar a la última imagen
- Se dispone ahora de una secuencia de puntos que forman la trayectoria de la partícula.

Cálculo de trayectorias

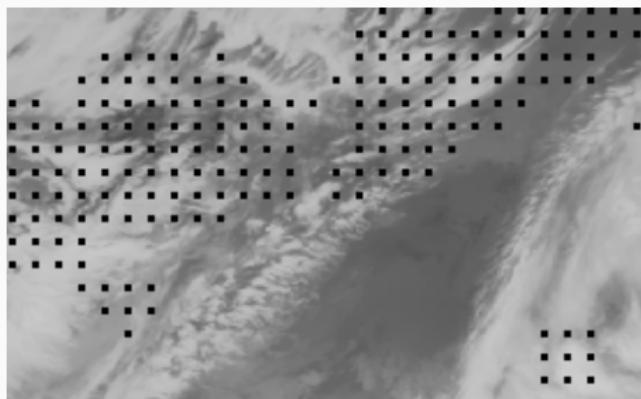
Se desea modelar el comportamiento de una partícula que sigue los mismos patrones de movimiento que las nubes, a lo largo de un **intervalo de tiempo**, en que se dispone una **secuencia de imágenes**.

Para esto:

- Se ubica la partícula en una posición inicial deseada, en la primera imagen
- Se calcula su desplazamiento hacia la siguiente
- Se repite el procedimiento hasta llegar a la última imagen
- Se dispone ahora de una secuencia de puntos que forman la trayectoria de la partícula.

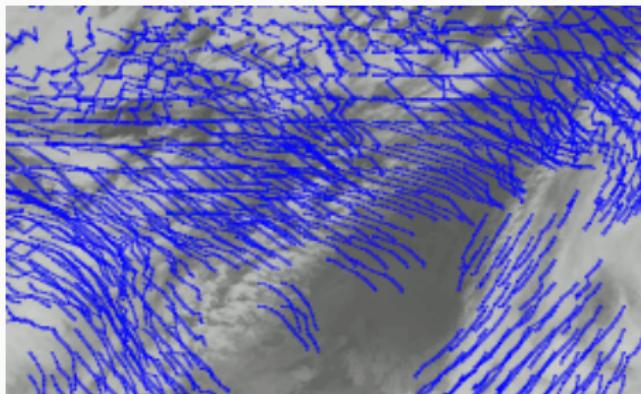
Cálculo de trayectorias

Seguimiento de los puntos a lo largo de las imágenes:



Cálculo de trayectorias

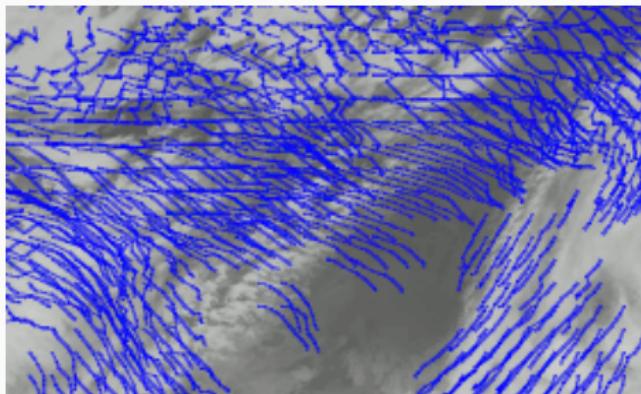
Posiciones de los puntos unidas por líneas:



- Las trayectorias previamente calculadas son *discretas* y *no suaves*
- Ajustamos una curva polinómica a la secuencia de puntos

Cálculo de trayectorias

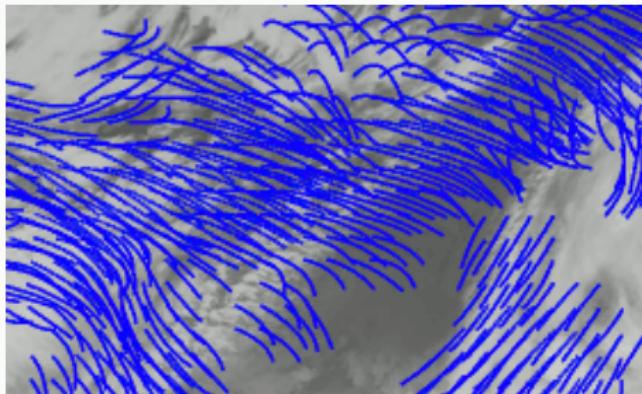
Posiciones de los puntos unidas por líneas:



- Las trayectorias previamente calculadas son *discretas* y *no suaves*
- Ajustamos una curva polinómica a la secuencia de puntos

Cálculo de trayectorias

Gráfica de las curvas polinómicas ajustadas:



- Es suave
- Brinda información sobre los tiempos en que no hay imágenes
- Extrapolando, se puede predecir la posición en el futuro

Predicción

- Se extrapolan las curvas de desplazamiento
- Sobre la última imagen:
 - Se toman bloques de un tamaño elegido. En nuestro caso 20×20 pixeles
 - Se desplazan tomando como referencia la curva que pasa por el centro
 - Bloques que se superpongan, se promedian
- Se compara tomando la diferencia entre la imagen real y la predicha
 - Esta diferencia se muestra como un mapa de calor en la aplicación

Predictión

- Se extrapolan las curvas de desplazamiento
- Sobre la última imagen:
 - Se toman bloques de un tamaño elegido. En nuestro caso 20x20 pixeles
 - Se desplazan tomando como referencia la curva que pasa por el centro
 - Bloques que se superpongan, se promedian
- Se compara tomando la diferencia entre la imagen real y la predicha
 - Esta diferencia se muestra como un mapa de calor en la aplicación

Predicción

- Se extrapolan las curvas de desplazamiento
- Sobre la última imagen:
 - Se toman bloques de un tamaño elegido. En nuestro caso 20x20 pixeles
 - Se desplazan tomando como referencia la curva que pasa por el centro
 - Bloques que se superpongan, se promedian
- Se compara tomando la diferencia entre la imagen real y la predicha
 - Esta diferencia se muestra como un mapa de calor en la aplicación

Predicción

- Se extrapolan las curvas de desplazamiento
- Sobre la última imagen:
 - Se toman bloques de un tamaño elegido. En nuestro caso 20x20 pixeles
 - Se desplazan tomando como referencia la curva que pasa por el centro
 - Bloques que se superpongan, se promedian
- Se compara tomando la diferencia entre la imagen real y la predicha
 - Esta diferencia se muestra como un mapa de calor en la aplicación

Predictión

- Se extrapolan las curvas de desplazamiento
- Sobre la última imagen:
 - Se toman bloques de un tamaño elegido. En nuestro caso 20x20 pixeles
 - Se desplazan tomando como referencia la curva que pasa por el centro
 - Bloques que se superpongan, se promedian
- Se compara tomando la diferencia entre la imagen real y la predicha
 - Esta diferencia se muestra como un mapa de calor en la aplicación

Predicción

- Se extrapolan las curvas de desplazamiento
- Sobre la última imagen:
 - Se toman bloques de un tamaño elegido. En nuestro caso 20x20 pixeles
 - Se desplazan tomando como referencia la curva que pasa por el centro
 - Bloques que se superpongan, se promedian
- Se compara tomando la diferencia entre la imagen real y la predicha
 - Esta diferencia se muestra como un mapa de calor en la aplicación

Predicción

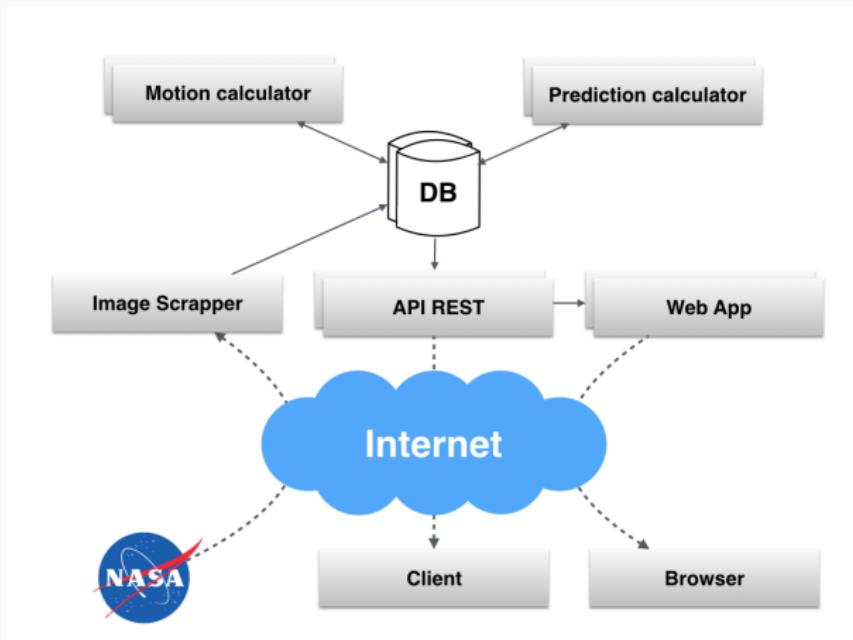
- Se extrapolan las curvas de desplazamiento
- Sobre la última imagen:
 - Se toman bloques de un tamaño elegido. En nuestro caso 20x20 pixeles
 - Se desplazan tomando como referencia la curva que pasa por el centro
 - Bloques que se superpongan, se promedian
- Se compara tomando la diferencia entre la imagen real y la predicha
 - Esta diferencia se muestra como un mapa de calor en la aplicación

Predicción

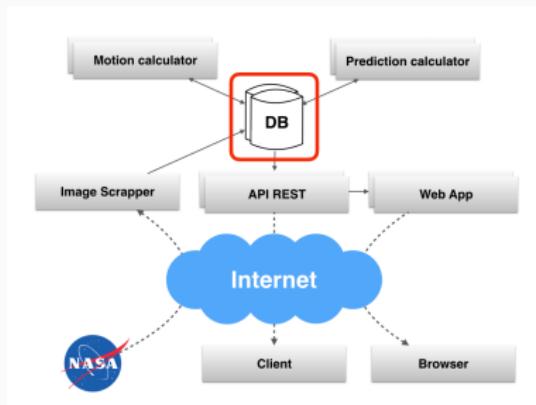
- Se extrapolan las curvas de desplazamiento
- Sobre la última imagen:
 - Se toman bloques de un tamaño elegido. En nuestro caso 20x20 pixeles
 - Se desplazan tomando como referencia la curva que pasa por el centro
 - Bloques que se superpongan, se promedian
- Se compara tomando la diferencia entre la imagen real y la predicha
 - Esta diferencia se muestra como un mapa de calor en la aplicación

Implementación: Arquitectura

Arquitectura

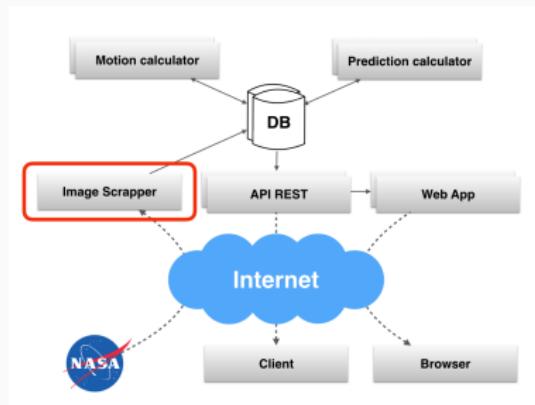


Base de datos



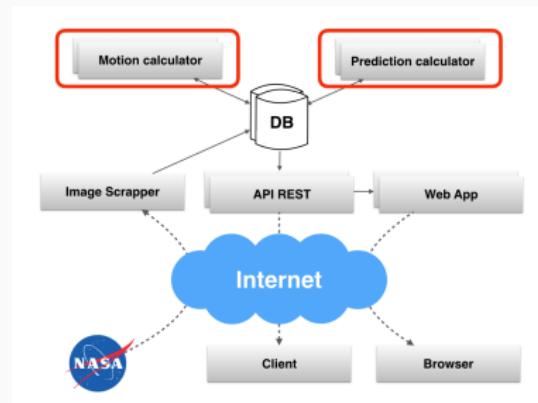
- BD relacional
- Motor PostgreSQL con SQLAlchemy como ORM
- Almacena información de los estados y movimientos entre ellos

Obtención de imágenes

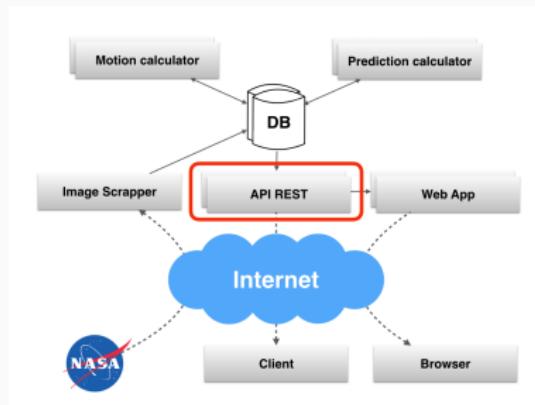


- Scrapper HTTP / FTP
- Imágenes servidor
NASA/GOES → BD
- Ejecuta periódicamente

Servicios de cálculo

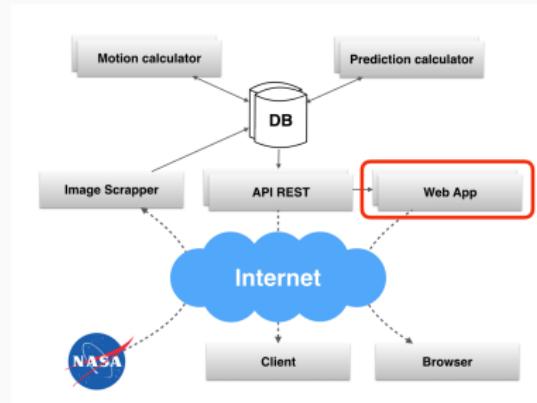


- Python + OpenCL
- Paralelizable y distribuible



- REST/JSON con Flask
- Cálculo de trayectorias
- Renderiza imágenes y animaciones
- Punto de entrada a la información

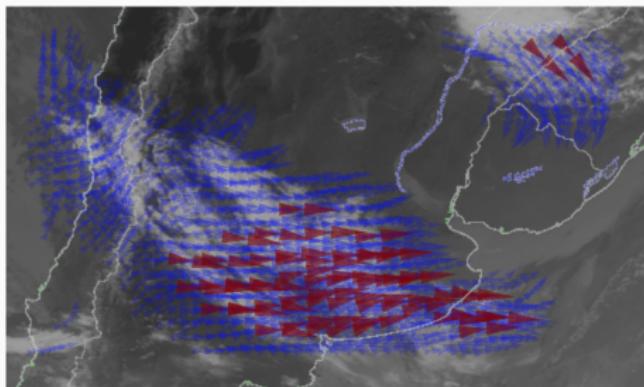
Aplicación Web



- Java con framework Wicket y Spring
- Visualización de información
- Permite buscar y guardar estados

Resultados

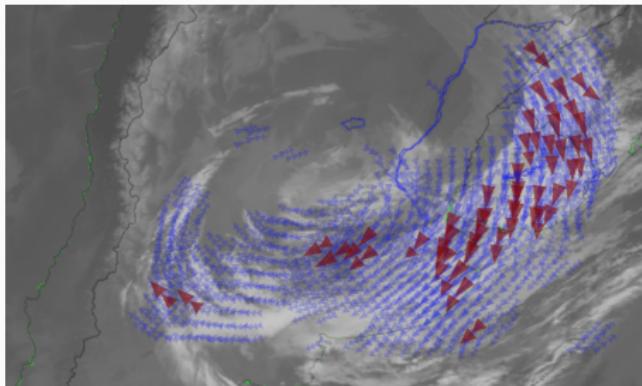
Resultados



Fecha: 7 de agosto de 2016

- Flechas azules: trayectorias con curvas ajustadas
- Flechas rojas: trayectorias de mayor longitud (más rápidas)
- Dos frentes de viento con distintas direcciones
- Frente frio proveniente del oeste
- Frente cálido proveniente del norte

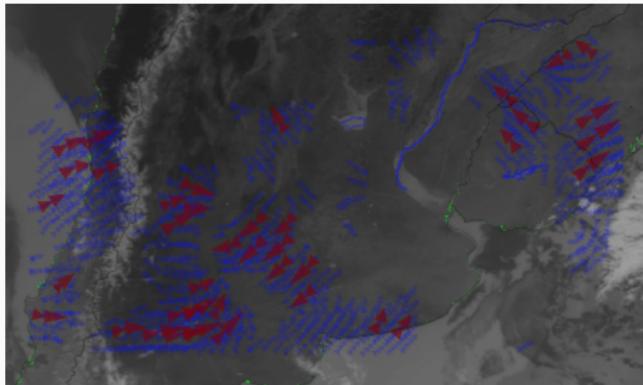
Resultados



Fecha: 28 de junio de 2016

- Dirección de las flechas acompaña el movimiento circular de las nubes

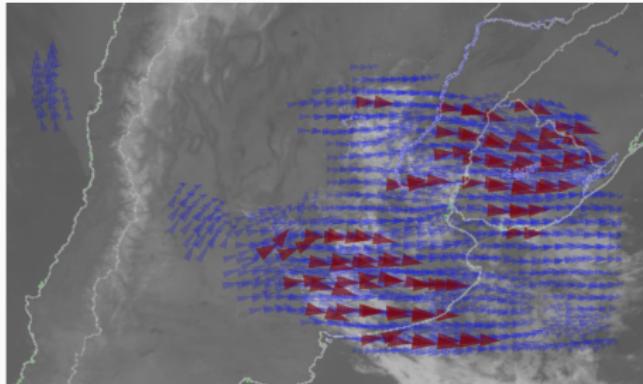
Problemas - Ciclo dia/noche



- Variacion de luminosidad debida a la reflexión de la radiación solar en la superficie de la tierra
- Algoritmo detecta movimiento donde no lo hay

Fecha: 9 de agosto de 2016

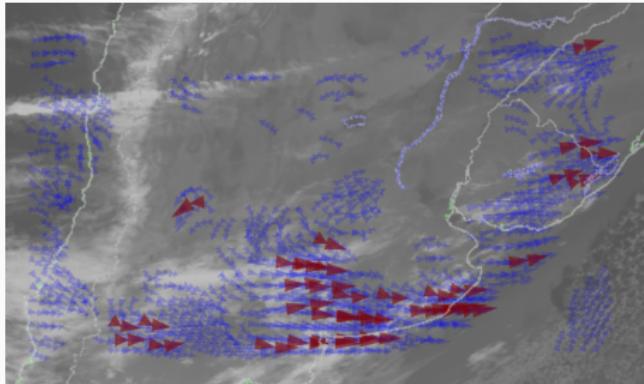
Problemas - Bordes de imagen



- Falta de información en los bordes de la imagen

Fecha: 8 de agosto de 2016

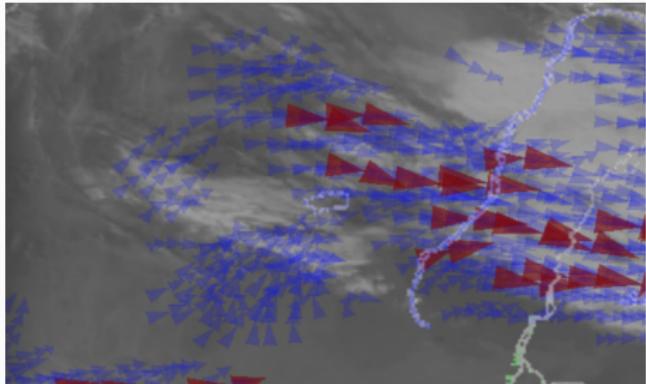
Problemas - Eventos meteorológicos rápidos



Fecha: 28 de julio de 2016

- Vientos rápidos donde ocurre agrupación o fragmentación repentina de nubes
- Pérdida de fidelidad debido a la frecuencia temporal baja

Problemas - Evaporación y precipitación



- Nubes que disminuyen de tamaño
- Se percibe movimiento donde no lo hay

Fecha: 8 de agosto de 2016

Conclusiones

Conclusiones

- Problema complejo
- Algoritmo de pareo de bloques:
 - Resultados alentadores con frecuencia temporal alta - 30 minutos - entre imágenes
 - Alternativa viable para este propósito
- Predicción imprecisa en la práctica
- Plataforma flexible para futuros desarrollos

Trabajo futuro

- Expandir región geográfica
- Identificar y clasificar tipos de nubes
- Sistema de alerta temprana que detecte situaciones anómalas

Demostración

¿Preguntas?

¡Muchas gracias!
