

# ALHAMBRA-survey: a new tool for photo-z calibrations in absence of spec-z information.

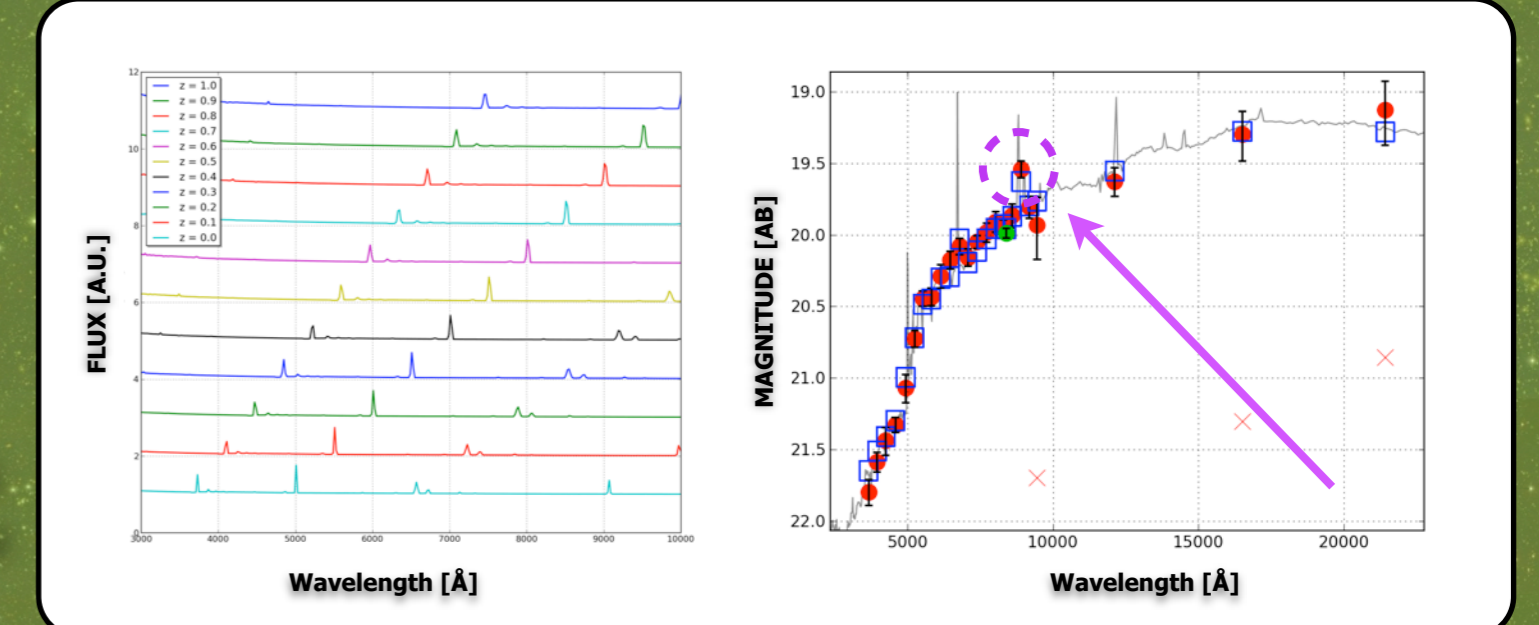
Alberto Molino, Narciso Benítez, Yolanda Jiménez, Begoña Ascaso, William Schoenell  
(Instituto de Astrofísica de Andalucía. IAA-CSIC)

## Introducción

- **ALHAMBRA-survey** es un cartografiado extragaláctico diseñado para realizar un estudio de la evolución de las propiedades y contenido del Universo (Moles et al. 2005, 2008).
- Mediante la utilización de un sistema compuesto por 20 filtros ópticos de anchura media sin solapamiento, más 3 filtros anchos en el rango infrarrojo cercano (J,H,Ks), es posible obtener estimaciones del corrimiento al rojo fotométrico (photo-z) precisas ( $Z_{ph}-Z_{sp}/1+Z_{sp} < 0.015$ ) de las más de 500.000 galaxias observadas, con un *redshift* ( $z$ ) promedio de  $\langle z \rangle \sim 1.0$  y un límite de completitud en la banda F814W  $\sim 24.5$  [AB].
- Se ha demostrado que la precisión alcanzable por los photo-z puede verse incrementada, si se dispone de una muestra de *redshifts* espectroscópicos (spec-z) con la que re-calibrar la fotometría de las galaxias. (Budavári et al. 2000, Coe et al. 2006, Capak et al. 2007, Ilbert et al. 2008).
- **ALHAMBRA-survey** presenta solapamientos parciales con otros cartografiados espectroscópicos (SDSS, DEEP2, COSMOS, ELAIS-N1, GROTH, HDF-N), lo que hace posible aplicar una mejora en las estimaciones de los photo-z. Sin embargo, dada la variabilidad fotométrica entre sus 56 campos observados, resulta ineficiente extrapolar las correcciones fotométricas, lo que introduce un sesgo de inhomogeneidad en la calidad de los resultados finales. Sesgo que afecta al número de galaxias cuyas estimaciones de photo-z se consideran más fiables.
- De modo que, frente a la necesidad de tener una cobertura espectroscópica homogénea sobre todos los campos de **ALHAMBRA-survey**, ha sido necesario desarrollar una técnica que nos permitiera calibrar nuestras propias mediciones de forma auto-consistente. La pregunta fue, ¿existe algún tipo de información dentro de los datos que sirva para re-calibrarlos?

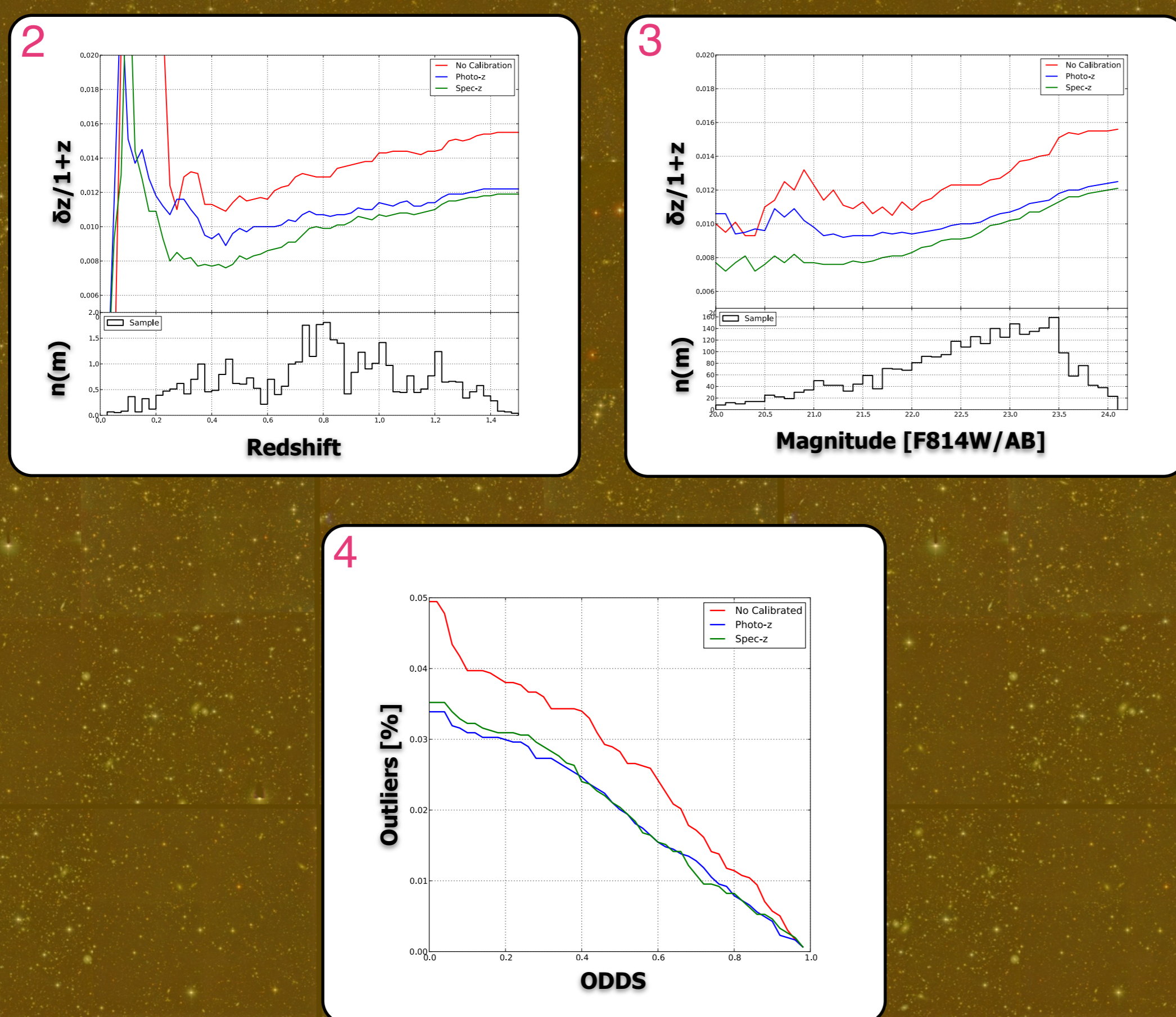
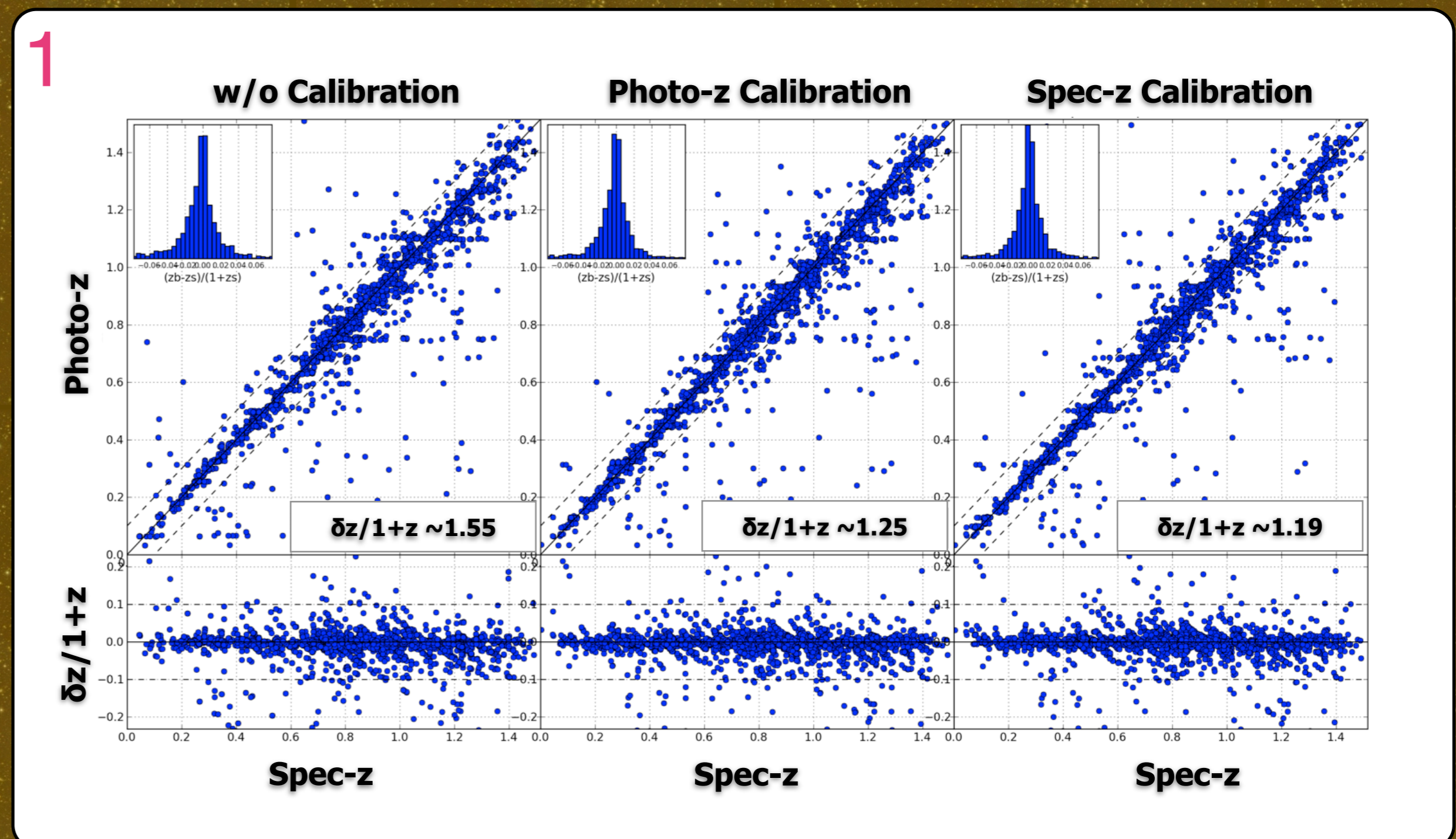
## Método

- Para poder identificar el  $z$  de una galaxia, es necesario identificar cuál es la distribución espectral de energía (SED) que minimiza el ajuste de las medidas fotométricas a un modelo. La identificación de rasgos significativos en la SED permite discriminar entre posibles soluciones comunes (degeneraciones color-z). A diferencia de los conocidos *breaks* a 970Å-4000Å, que pueden ser confundidos si no se dispone de una cobertura infrarroja, las **intensas líneas de emisión** (OII,OIII,H $\alpha$ ,...) pueden ser bien identificadas con filtros estrechos ó semi-estrechos, evitando posibles degeneraciones.
- En una primera iteración, se buscan galaxias con intensas líneas de emisión clasificadas por BPZ con un tipo espectral Temprano ( $T_b > 7$ ). De la muestra resultante, se seleccionan sólo aquellas galaxias que presentan una buena calidad fotométrica (observadas en todas sus bandas para evitar efectos de selección, sin problemas de saturación, sin contaminación por vecinos cercanos y con una magnitud máxima F814W  $< 23.5$  [AB]). Asimismo, se seleccionan aquellas galaxias que presentan una distribución de probabilidad en  $z$  ( $P(z)$ ) mayormente localizada en un intervalo estrecho ( $Z_{min}-Z_{max} < 0.02$ , a fin de asegurar que el error introducido sea pequeño. Dicho de otra manera, se trata de seleccionar galaxias que presentan un grado elevado de confianza en su photo-z inicial (ODDS  $\sim 1$ ).
- Seguidamente, el photo-z de las galaxias seleccionadas se utiliza como si se tratase de una muestra espectroscópica. Fijando el *redshift* de dichas galaxias, se buscan desviaciones estadísticas promedio entre los colores esperados teóricamente por los modelos de galaxias y los colores empíricos medidos. El proceso se repite iterativamente hasta alcanzar una convergencia.
- Finalmente, se estiman nuevamente los photo-z para la muestra global donde se aplican las correcciones de punto cero obtenidas anteriormente. Sobre una muestra espectroscópica de control de  $\sim 3000$  galaxias, se realizó un análisis comparativo entre los resultados obtenidos con la fotometría inicial, con la fotometría calibrada usando photo-z (esta técnica) y la fotometría calibrada usando los spec-z.

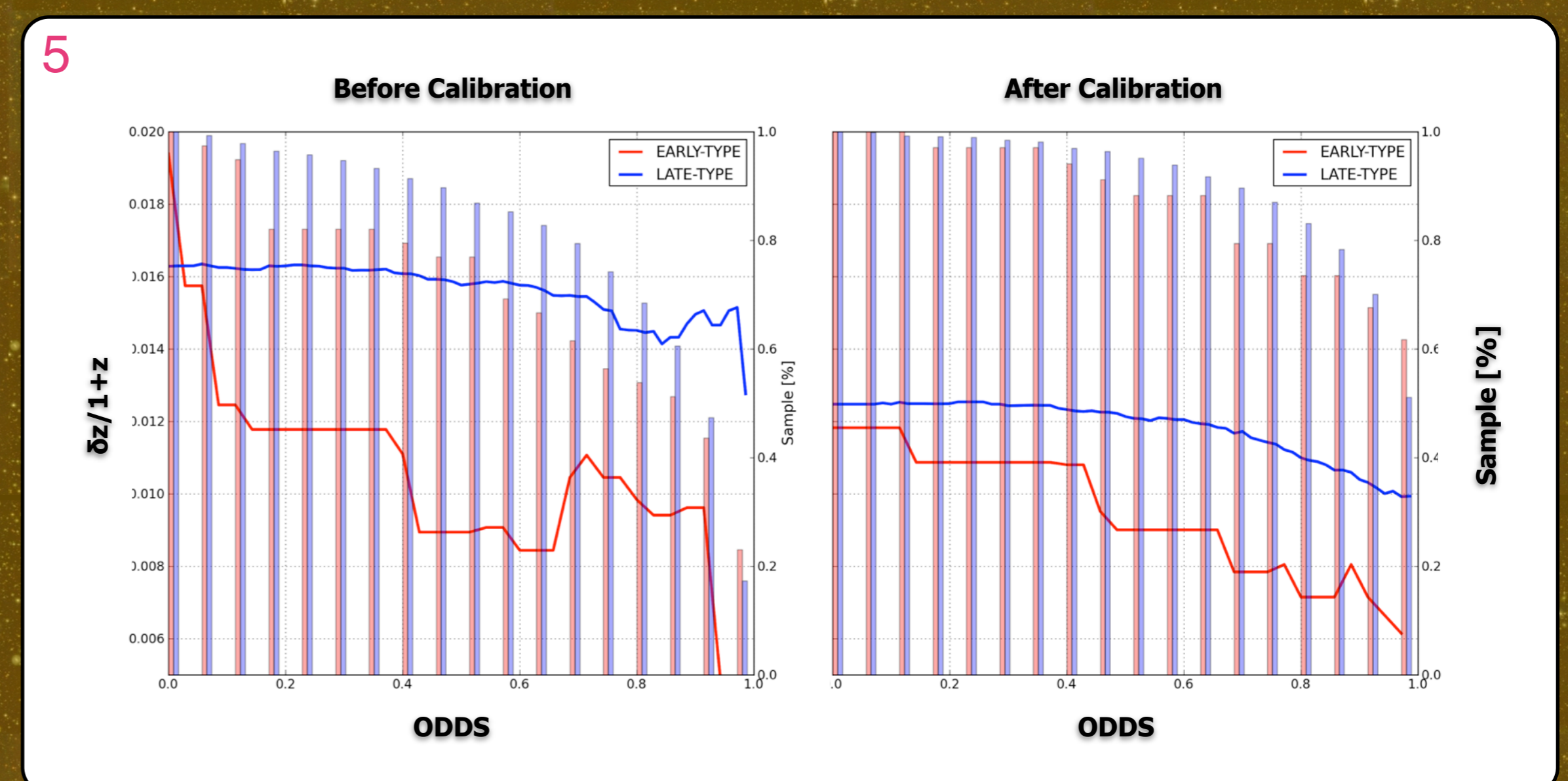


## Resultados

- El **panel principal (1)** muestra la comparación entre la precisión alcanzada por los photo-z usando los tres tipos de aproximación fotométrica, para la muestra seleccionada. De izquierda a derecha, se muestran los resultados de la comparación 'photo-z vs spec-z' para los casos: sin calibración, calibración basada en photo-z y calibración usando la información espectroscópica.
- En términos globales, los resultados indican que el método permite mejorar considerablemente la precisión respecto de la no calibración de los photo-z (desde  $\delta z/1+z \sim 1.55$  hasta  $\sim 1.25\%$ ). Asimismo, el método proporciona una precisión a un nivel ligeramente inferior al proporcionado por la calibración espectroscópica ( $\delta z/1+z \sim 1.19$ ).
- En las **figuras 2 y 3**, se muestran los resultados de la precisión de cada método desglosados por magnitud y por intervalo en  $z$ . Como puede verse en ambos casos, la calibración de los photo-z mediante esta técnica permite aumentar significativamente las predicciones a un nivel semejante al proporcionado por la espectroscopía.
- Asimismo, resulta importante cuantificar el porcentaje de galaxias cuyas predicciones del photo-z fueron completamente erróneas (*outliers*). Como puede verse en la **figura 4**, donde se muestra el porcentaje de *outliers* como función de las ODDS (parámetro de calidad de BPZ), la calibración fotométrica proporcionada por este método permite reducir el número de outliers, prácticamente, hasta el nivel que proporcionaría la muestra espectroscópica. Es decir, se observa un incremento en el número de galaxias que poseen un determinado umbral de confianza (ODDS).



- Por otra parte, resulta necesario considerar el impacto que tiene una metodología basada en el cálculo de correcciones fotométricas basadas en un tipo particular de SED. Una calibración basada únicamente en galaxias con intensas líneas de emisión podría sesgar la calidad de las predicciones para otros tipos espectrales de galaxias (tipo Tardío).
- Como puede observarse en la figura 5, donde se muestra la precisión de los photo-z como función de las ODDS (antes y después de la calibración con photo-z) para los dos tipos espectral principales, el método **también permite mejorar las estimaciones para galaxias tardías sin líneas de emisión**.



## Discusión

- La utilización de la información proporcionada por los photo-z, para evaluar y calibrar la fotometría multibanda, permite solucionar una de las principales limitaciones de esta clase de métodos. De especial importancia para aquellos proyectos extragalácticos que se basan en la utilización de photo-z para el cálculo de las distancias cosmológicas y no disponen de una cobertura espectroscópica completa. Mediante esta técnica resulta posible alcanzar resultados similares a los que proporciona una muestra espectroscópica. Asimismo, permite obtener resultados más homogéneos para todos aquellos campos que no dispongan de una cobertura espectral.
- Desde un punto de vista global, el método permite mejorar no sólo la precisión de los photo-z hasta un nivel muy próximo al proporcionado por una muestra espectroscópica, sino que además se observa que el número de galaxias con errores catastróficos en sus predicciones (*outliers*) se ve reducido al nivel al mismo nivel que la muestra espectroscópica. Asimismo, se observa que la cantidad de galaxias por intervalo de confianza (ODDS) se ve incrementada significativamente. Resultado que debe interpretarse como que el número de galaxias que poseen un alto grado de seguridad en sus estimaciones se ve cuantitativamente incrementado.
- Por otra parte, el resultado aporta gran consistencia al método por dos razones. En primer lugar, porque el hecho mismo de que las estimaciones realizadas a partir de un tipo particular de SED (tempranas) mejore también la precisión de otras SED (tardías) asegura que no se estén produciendo efectos de sesgo. Ambas poblaciones, aún manipuladas por separado, coinciden en la necesidad de unas correcciones fotométricas específicas. Resultado que asegura que dichas correcciones son necesarias y no se deben a la pura calibración de los datos a los modelos SED utilizados. Por otra parte, como puede verse a través de los histogramas verticales en la figura 5 (donde el criterio de color azul/rojo corresponde a las poblaciones tardías/tempranas respectivamente), el número de galaxias por intervalo de confianza (ODDS) se ve aumentado para ambos tipos de poblaciones simultáneamente.
- Aunque la precisión del método reside críticamente en la capacidad de detectar intensas líneas de emisión, lo que requiere la utilización de sistemas de filtros estrechos ó semi-estrechos, con la llegada de las próximas generaciones de cartografiados extragalácticos multibanda estrecha (JPAS), será posible utilizar esta técnica para calibrar de forma precisa y homogénea la calidad de los photo-z, evitando largas y costosas campañas de observación espectroscópicas.